Pr 3966

HALIOTIS

vol. 34
2004 (2005)

issn 0397.765 x

SOCIETE FRANÇAISE DE MALACOLOGIE

Haliotis, revue de la Société Française de Malacologie, est ouverte à des articles originaux couvrant tous les aspects de l'étude des Mollusques. Son rythme de parution est en principe annuel.

La soumission d'un manuscrit à *Haliotis* sous-entend qu'il n'est pas publié ou sous presse ailleurs. Les auteurs qui désireront utiliser ultérieurement des matériaux publiés dans *Haliotis* devront préalablement obtenir la permission de la S.F.M.

Soumission des manuscrits

Les textes doivent être saisis sous un traitement de texte d'usage courant. Il sera soumis dans un premier temps deux exemplaires tirés sur format A4 avec double interligne, ainsi que deux copies des illustrations. Les manuscrits sont à adresser au secrétariat général de la S.F.M., 55 rue Buffon, 75005 Paris, ou à un des membres du comité de rédaction.

Le manuscrit sera lu par un ou plusieurs spécialistes choisi(s) par le comité de rédaction, dont les commentaires seront adressés à l'auteur (sous forme anonyme ou non au choix du rapporteur). L'auteur a l'obligation de prendre en considération les commentaires du rapporteur et adressera s'il y a lieu une version révisée. Le comité de rédaction prendra alors, au vu des commentaires du rapporteur, une décision d'acceptation ou de refus du manuscrit.

Organisation du texte

- titre concis et informatif: pensez qu'il doit servir à l'indexation. Si le titre contient un nom de genre ou d'espèce peu connu, ce nom sera accompagné du nom d'un taxon supraspécifique
- prénoms (en entier) et noms des auteurs
- adresses des auteurs.
- "abstract" en Anglais, précédé du titre en Anglais.
- résumé en Français (éventuellement, titre en Français si l'article est rédigé dans une autre langue) exposant les principaux résultats, mais pas de descriptions de taxa nouveaux éventuellement introduits dans l'article.; éventuellement, résumé dans une autre langue si approprié.
- texte proprement dit comprenant, dans cet ordre, Introduction, Matériel et méthodes, Résultats, Discussion, Conclusions, Remerciements, Bibliographie.

Les niveaux hiérarchiques de sous-titres seront limités le plus possible. Les sous-titres ne seront en aucun cas numérotés.

Illustrations

Seules les illustrations en noir et blanc seront prises en charge par la revue. Le surcoût des illustrations en couleur sera à la charge des auteurs. Les illustrations, à leur taille définitive, mesurent au maximum 16,5 x 23 cm.

Les illustrations soumises après acceptation des manuscrits doivent être de bonne qualité, prêtes à clicher, ou des fichers électroniques au format TIFF, 600 ppp (noir et blanc) ou 300 ppp (demi-teintes). Pour les graphiques, des tirages d'imprimante laser ou à jet d'encre sur papier sont acceptables comme originaux, mais il est préférable d'adresser une copie électronique, au format TIFF ou dans le format natif du logiciel qui a produit le graphique si celui-ci est d'usage courant (Excel, Corel Draw...) *En aucun cas, les illustrations préalablement insérées dans un traitement de texte (Word ou autre) ne pourront être reproduites par l'imprimeur (ces logiciels altèrent les fichiers d'images insérées).*

Toutes les figures doivent être numérotées en une série unique, qu'il s'agisse de dessins, de photographies montées en planche, de cartes ou de graphiques. Les cartes devront faire figurer des coordonnées géographiques et avoir un cadre. Les tableaux (comportant exclusivement du texte ou des chiffres, à l'exclusion de graphiques) seront numérotés en une autre série. Les légendes des figures et des tableaux seront regroupées sur une feuille à part, et copiées également dans la disquette. Les auteurs pourront indiquer dans le texte la position souhaitée des figures et tableaux.

(suite sur la 3e page de couverture)

Pr 3965

Haliotis 34: 1-18 (2005) Société Française de Malacologie

Cartographie du stock naturel et biologie de la palourde *Ruditapes decussatus* (L., 1758) dans la lagune de Moulay Bousselham (Maroc)

Nadia EL MOUSSAOUI [1], Amina BERRAHO [1], Abdelatif ORBI [1] et Hanane LABBARDI [2]*

RÉSUMÉ

La pêche de la palourde européenne *Ruditapes decussatus* (L., 1758) dans la lagune de Moulay Bousselham a connu ces dernières années une baisse alarmante. Des juvéniles sont aujourd'hui pêchés pour compenser les faibles rendements des captures de palourde de taille commerciale. Dans le but de promouvoir cette lagune et de préserver ses ressources naturelles, deux campagnes de prospection ont été entreprises au cours des années 1999 et 2000 pour délimiter, d'une part, le stock naturel de palourde et, d'autre part, pour déterminer le cycle sexuel de cette espèce.

La répartition spatiale des densités et des biomasses de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham a montré que cette espèce est concentrée dans le chenal principal et en aval de la Merja Zerga surtout au niveau des chenaux secondaire et tertiaire et de leurs confluents. Elle est aussi rencontrée, mais à moindre échelle, dans Merja Kahla située au nord de la lagune.

Quant à l'étude du cycle de reproduction, l'espèce *Ruditapes decussatus* commence son activité gamétogénétique à partir du mois de mars avec deux pontes, une ponte partielle au mois de mai-juin qui se traduit par une chute du poids sec et par un indice gonadique faible, et une ponte complète en août-septembre. Le repos sexuel a lieu en période hivernale.

ABSTRACT

Assessment and mapping of the natural stock of the clam *Ruditapes decussatus* (L., 1758) in Moulay Bousselham lagoon (Morocco)

The landings of the European clam *Ruditapes decussatus* (L., 1758) in the Atlantic lagoon of Moulay Bousselham has experienced in the last years an alarming decrease. The juveniles are collected today to compensate the weak outputs of commercial size clam captures. In order to promote this lagoon and to preserve its natural resources, two prospecting's cruises have been undertaken during 1999 and 2000. The objective was on one hand to identify and to value the natural stock of clam and on the other hand to determine the sexual cycle of this species.

[1] Institut National de Recherche Halieutique, 2 rue de Tiznit, Casablanca, Maroc. * Auteur recevant la correspondance: e-mail: <nadisarra@yahoo.fr>.

[2] Laboratoire de Biochimie, UFR Environnement et Santé, Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia, B.P.146, 20800 Mohammedia, Maroc.

BIBL. DU MUSÉUM PARIS

Bibliothèque Centrale Muséum

3 3001 00268865 5

The spatial distribution of densities and biomass of the clam in the lagoon showed that this species is concentrated in the main channel, downstream Merja Zerga especially in the secondary and the tertiary channel and their confluence. We can also find it, but in lower densities, in Merja Kahla situated in the north of the lagoon.

Regarding the study of the reproduction cycle, *Ruditapes decussatus* begins the gametogenesis in March and has two spawning periods. One partial spawning occurs in May-June with a sharp decrease of dry weight and a weak gonadal index. The complete spawning occurs in August-September. The sexual break takes place in winter monthly.

الملخص

خريطة المخزون الطبيعي للفقالة *Ruditapes decussatus* و دراسة توالدها بِبُحيرة مولاي بوسلهام (المغرب)

عَرف صَيْد الفقّالة *Ruditapes decussatus* أو ما يُسمى محليًا " بالميعَة" بِبُحيرة مولاي بوسلهام (شمال غرب المغرب) في السنوات الأخيرة تراجعا مقلقا، حيث اصبح الصيادون يجمعون الفقّالة ذات الحجم الصغير لتعويض المردود الضعيف من الحجم التجاري. و في هذا الصّدد ومن أجل النهوض بهذه البحيرة و المحافظة على ثرواتها، نُظمت دراسة خلال سنتي ١٩٩٩ و ٢٠٠٠ بهدف تحديد المخزون الطبيعي "للميعة" من جهة و تحديد الدورة التوالدية لهاته الفصيلة من جهة أخرى.

أظهر التوزيع الحيّزي للكثافة و للكتلة الحيّة لِلميعة بِبُحيرة مولاي بوسلّهام أن هاته الفصيلة تتمركز في القناة الرئيسية و في سافلة المَرجة الزرقاء خاصة في القناتان الثانية و الثالثة وفروعهما. كما تتواجد أيضا، لكن بأهمية أقل، في المرجة السوداء المتواجدة شمالَ البحيرة.

أما فيما يخص دراسة الدورة التوالدية فإن فصيلة *Ruditapes decussatus* تبدأ نشاطها التو الدي ابتداء من شهر مارس و تتميز بفترتين للتّبْييض، الأولى جزئية من ماي إلى يونيو والثانية كاملة من أغسطس إلى شتنبر. أما الراحة التوالدية فتقع في فصل الشتاء.

INTRODUCTION

La lagune de Moulay Bousselham fait partie des milieux paraliques les plus connus au Maroc sur le plan touristique. Elle a été considérée, selon la convention de RAMSAR, comme réserve biologique d'importance internationale surtout pour l'avifaune. Dans cette lagune, la palourde européenne *Ruditapes decussatus* (L.,1758) présente une source économique importante pour la population locale. Son exploitation d'une manière intensive et anarchique risque de provoquer un effondrement du stock naturel. L'étude socio-économique entreprise dans la lagune de Moulay Bousselham en 1996 par Maruyama (1997), a montré une surexploitation alarmante du stock naturel de palourde. Le même auteur a estimé le rendement annuel par capture de pêche de la palourde à 21 tonnes en 1996. Ceci semble très faible par rapport à la surface de la lagune (2700 ha) et par comparaison au rendement de la même espèce dans l'estuaire de Bouregreg qui est de 60 tonnes en 1989 (Najih, 1991).

Malgré les nombreuses études dont cette lagune a fait l'objet: sédimentologiques, courantologiques, hydrologiques, écologiques, bactériologiques, socio-économiques (Beaubrun, 1976; Carruesco, 1989; Orbi, 1990; Shaffee et Daoudi, 1991; Rharbi, 1990; Benbakhta, 1994; Khattabi, 1997; Bayed *et al.,* 1998a,b; Bazairi, 1999), il n'y a aucune étude sur l'état du gisement naturel de la palourde et son évolution au cours des années. Par conséquent, il est difficile d'évaluer l'impact qu'a eu la pêche ces dernières années sur ce stock.

Dans ce contexte, une évaluation du stock naturel de la palourde européenne dans la lagune de Moulay Bousselham s'avère d'une grande nécessité. Cette étude va permettre, tout d'abord, d'établir une cartographie de la distribution naturelle de la palourde et par la suite d'évaluer le stock. Deux campagnes d'évaluation directe ont eu lieu, la première en novembre-décembre 1999 et la deuxième en juillet-août 2000. Une étude du cycle biologique de cette espèce a été également entreprise.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude

La lagune de Moulay Bousselham est située sur la côte atlantique marocaine à environ 120 km au Nord de Rabat et à 40 km au sud de Larache. D'une longueur de 9 km N-S sur une largeur de 5 km E-W, la lagune est une cuvette de forme elliptique, qui recouvre une superficie de 35 km². Le remplissage et la vidange de la lagune sont assurés par un réseau de chenaux permanents qui se rejoignent au niveau du chenal principal, celui ci débouche sur l'océan Atlantique par le biais d'un goulet de 50 m de largeur (Carruesco, 1989).

L'apport en eau douce est assuré à deux niveaux: par le canal de Nador au sud et par l'oued Drader au nord-est. Ce dernier divise la lagune en deux parties, Merja Zerga de 27 km² et Merja Kahla de 3 km² (figure 1).

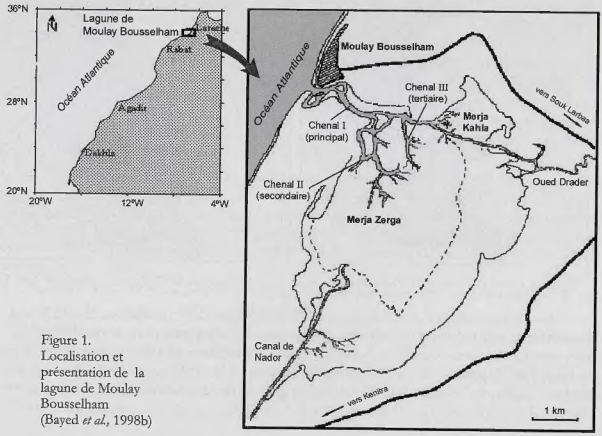


Figure 1. Localisation et présentation de la lagune de Moulay Bousselham (Bayed *et al,* 1998b)

Cartographie du stock naturel

La réalisation de la cartographie de la palourde a été faite selon les données des deux campagnes, de novembre-décembre 1999 et de juillet-août 2000. Ces périodes coïncident avec la période de post-ponte ce qui va permettre l'étude du recrutement. En 1999, le réseau d'échantillonnage couvrait la totalité de la lagune et a été établi sous forme de carrés statistiques de ¼ de mille nautique et l'échantillonnage a été réalisé au hasard dans chaque carré. En 2000 et sur la base des résultats de 1999, le réseau été plus serré pour avoir une meilleur couverture de toute la lagune et la zone sud de Merja Zerga n'a pas été échantillonnée à cause des difficultés d'accessibilité et l'absence de la palourde notée au cours de la campagne de l'année 1999 (figure 2).

La méthode d'échantillonnage utilisée est la méthode de pompage du substrat dans un quadrat de 1m² avec l'aide d'un plongeur. L'épaisseur du substrat prélevé varie d'une station à l'autre suivant la granulométrie rencontrée mais reste toujours de 15 à 20 cm. Les échantillons prélevés ont été tamisés, triés et les palourdes récupérées sont comptées, pour la détermination de la densité, puis pour chaque individu sont mesurés: le poids (g) pour l'estimation de la biomasse et la longueur totale (mm).

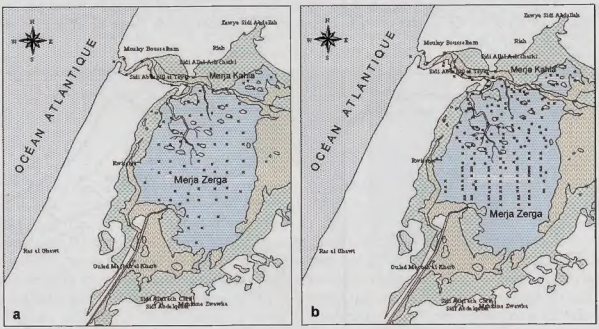


Figure 2. Cartes des réseaux d'échantillonnage en novembre-décembre 1999 (a) et en juillet-août 2000 (b)

Pour la réalisation de la cartographie, on s'est basé sur deux paramètres: la distribution des densités de la palourde et la distribution des biomasses. La répartition de la densité montre une hétérogénéité de distribution de la palourde. Cette hétérogénéité peut être quantifiée par le calcul de l'indice de dispersion ($I = S^2/M$; S^2 est la variance et M est la moyenne des densités dans n quadrats) (Elliot et Descamps, 1973). Cet indice permet de différencier trois types de répartition: aléatoire ($I = 1$), régulière ($I < 1$) et agrégative ($I > 1$).

Étude du cycle de reproduction

En ce qui concerne l'étude du cycle de reproduction de la palourde, elle s'est basée sur une étude macroscopique des gonades basée sur la couleur, la clairance et la taille (Itoch et Ogiso, 1954). La détermination de la taille de la première maturité sexuelle s'est faite sur un échantillon de 290 individus, prélevés au cours des mois de juillet-août 2000, de taille comprise entre 12 et 50 mm et répartis en classes de taille de 2 mm. Par la suite une étude de la variation mensuelle de la maturité sexuelle a été réalisée sur un lot mensuel de 16 à 81 individus (selon la disponibilité de la palourde) d'une taille de 28 mm. Ce lot a été prélevé au cours de la période août 1999 - juillet 2000. Des observations microscopiques des coupes histologiques des gonades, réalisées sur un lot mensuel de 30 individus dont la taille est comprise entre 25 et 45 mm, ont permis, par la suite, de déterminer la variation de l'Indice Gonadique (IG), calculé selon la formule suivante:

$$\sum (\text{Nsti} \times \text{SN}) / \text{N}$$

où:

Nsti est nombre de palourde de chaque stade;
SN est le score numérique du stade;
N est le nombre total des individus de l'échantillon.

Le score numérique des différents stades gamétogénétiques est donné par Kennedy (1978): stade 0 = 1, stade 1 et 2 = 2, stade 3A = 3, stade 3B et 3C = 2 et stade 3D = 1. Ainsi, pour un IG égal à 1 (minimum), tous les individus ont pondus et pour un IG égal à 3 (maximum), tous les individus sont matures.

Sur le même lot, a été calculé également l'Indice de Condition (IC) qui est défini comme étant le rapport du poids sec de la chair et le poids de la coquille (Ps/Pc) (Lucas et Beninger, 1985). Le poids sec de la chair (Ps) est obtenu suite à une déshydratation dans l'étuve à 60°C pendant 48 heures (Bodoy *et al.*, 1986; Guillou *et al.*, 1990). Le sex ratio a été calculé mensuellement et au cours d'un cycle annuel à partir de l'examen des coupes histologiques des glandes génitales. C'est le rapport du nombre des femelles et le nombre des mâles.

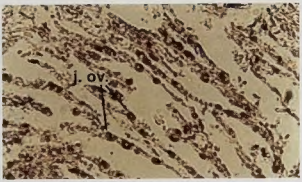
Les coupes histologiques ont été réalisées sur des fragments de la masse viscérale fixés par du liquide de Gendre pendant une durée de moins d'une semaine, puis déshydratés par des solutions d'alcool à différents degrés. Les coupes de 5 µm d'épaisseur ont été colorées ensuite par le trichrome à base d'hématoxyline de groat-éosine et de vert lumière. L'échelle utilisée pour l'examen microscopique de la gonade est celle décrite par Kennedy (1978) dont les stades sont les suivants (figures 3 et 4):

Stade 0: stade de repos génital. Les tubules gonadiques sont totalement envahis par le tissu adipeux. Le sexe de l'individu est indéterminé.

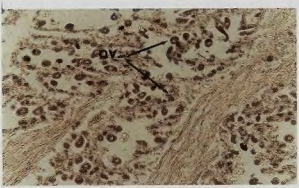
Stade 1: début de la gamétogenèse. Les cellules sexuelles mâles et femelles se disposent le long des contours des nouveaux tubules.

Stade 2: développement avancé de la gamétogenèse. Chez la femelle, les ovocytes sont attachés à la paroi des tubules par un long pédoncule. Chez le mâle, les spermatides, de petite taille, sont nombreux et présentent un noyau dense.

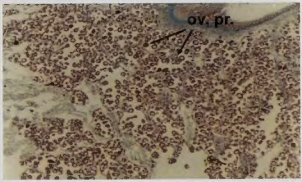
Stade 0: repos génital



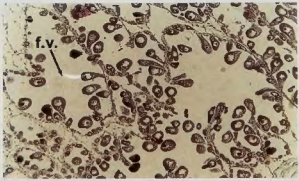
Stade 1: début du développement



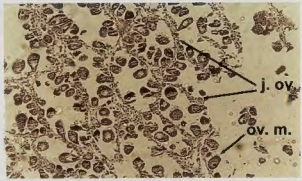
Stade 2: Développement avancé



Stade 3A: maturité morphologique



Stade 3B: Stade de ponte

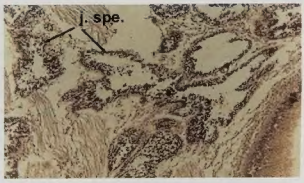


Stade 3C: Nouveau développement

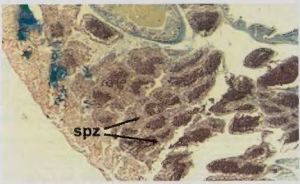
Stade 3D: Ponte récente

Figure 3. Stades de maturité de la gonade chez la femelle de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham (la: lacune; gr. s: granules sombres; j. ov: jeunes ovocytes; ov. ped: ovocytes pédonculés; ov. pr: ovocytes pressés; f. v: follicules vides; ov. m: ovocytes mûrs; f. d: follicules en destruction).

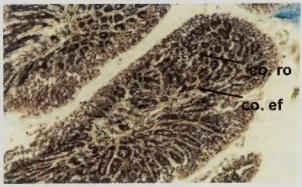
Stade 0: repos génital



Stade 1: début du développement

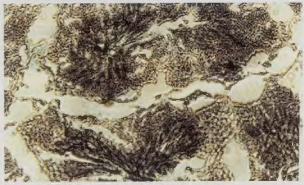


Stade 2: Développement avancé

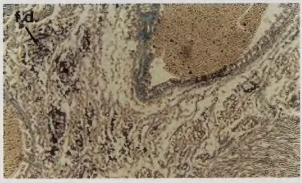


Stade 3A: maturité morphologique

Stade 3B: Stade de ponte



Stade 3C: Nouveau développement



Stade 3D: Ponte récente

Figure 4. Stades de maturité de la gonade chez le mâle de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham (la: lacune, gr. s: granules sombres; j. spe: jeunes spermatocytes; spe: spermatocytes; co. ef: colonne effilée; co. ro: colonne en rosette; spz: spermatozoides; f. d: follicules en destruction).

BIBLIOTHÈQUE MUSÉUM PARIS

Stade 3A: maturité morphologique des gonades. La lumière des tubules est oblitérée par les produits génitaux.

Stade 3B: stade de ponte. Chez la femelle, les follicules contiennent quelques ovocytes sphériques libres de grande taille du fait d'une réduction de la pression induite par la ponte. Chez le mâle, tous les follicules sont occupés par des spermatozoïdes libres prêts à être émis.

Stade 3C: stade de redeveloppement. A ce stade, le renouvellement gamétogénétique a lieu.

Stade 3D: ponte récente. Les follicules sexuels dégénèrent. Il ne reste que quelques gamètes résiduels non pondus et des débris cellulaires qui ne tardent pas à disparaître complètement. C'est ainsi que la gonade reprend le cycle sexuel suivant.

RÉSULTATS

Cartographie du stock naturel de la palourde

En ce qui concerne la distribution des densités et sur la base des résultats des deux campagnes (1999 et 2000), on a noté une présence de la palourde dans le chenal principal, Merja Kahla et la partie aval de Merja Zerga aussi bien dans les chenaux que dans les zones intertidales (slikkes). Au cours des deux campagnes, la majorité des densités enregistrées par unité de surface ne dépassaient pas 30 individus à l'exception d'une station en amont du chenal secondaire où on a noté une densité maximale de 76 individus/m² en 1999 et une zone de quelques stations à densités comprises entre 30 et 70 individus/m² en amont des chenaux secondaire et tertiaire a été repérée au cours de la campagne 2000 (figure 5).

La distribution des biomasses montre le même schéma. Au cours des deux campagnes, on remarque une dominance des faibles biomasses comprises entre 0,02 et 20 g/m² dans la plupart des stations. Les fortes et les moyennes biomasses respectivement >90 et entre 21 et 47 g/m² se rencontrent en amont des chenaux secondaire et tertiaire (figure 6).

Structure du stock naturel

L'analyse des cartes de distribution des densités et des biomasses a montré que le gisement naturel de la palourde se localise dans la partie médiane du chenal principal, la partie aval de Merja Zerga et faiblement dans Merja Kahla. Les différences entre les densités et les biomasses d'une campagne à l'autre ou d'une zone à l'autre peuvent être en relation avec la structure en taille du stock. Ainsi, une analyse de la répartition par catégories de taille de la palourde dans différentes zones a été réalisée.

Pour cette analyse, quatre catégories de taille ont été choisies qui correspondent à différentes phases de la vie benthique de la palourde et sont:

- les prérecrues de taille inférieure ou égale à 10 mm;
- les juvéniles de taille comprise entre 11 et 20 mm;
- les adultes de taille comprise entre 21 et 29 mm;
- les individus de taille marchande supérieure ou égale à 30 mm.

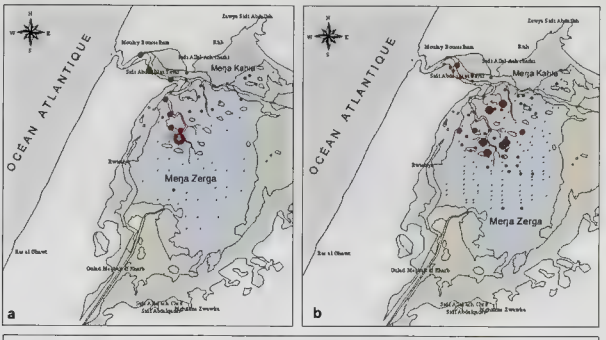


Figure 5. Distribution des densités de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham en novembre-décembre 1999 (a) et en juillet-août 2000 (b).

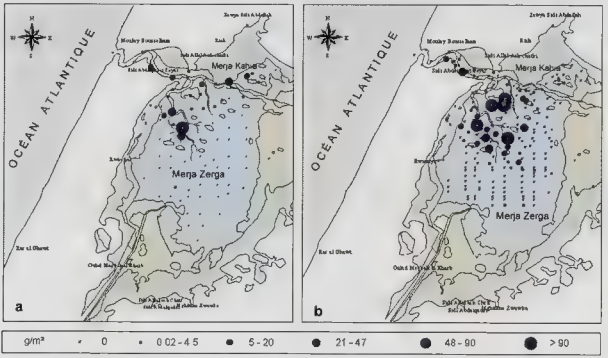


Figure 6. Distribution des biomasses de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham en novembre-décembre 1999 (a) et en juillet-août 2000 (b).

En 1999, la population de palourde collectée dans les trois zones est représentée par plus de 70% de prérecrues. En 2000, dans le chenal principal et Merja Kahla, la population est représentée respectivement par 74% et 67% de prérecrues; alors qu'en aval de Merja Zerga, la population est plus structurée avec la présence des 4 catégories de taille. Ainsi, le recrutement a été observé au niveau de tout le gisement naturel aussi bien en période automnale (1999) qu'en période estivale (2000) (figure 7).

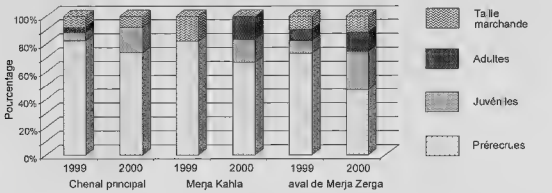


Figure 7. Répartition de la palourde en catégories de taille dans les différentes zones du gisement naturel

Dans la lagune de Moulay Bousselham, la répartition du gisement naturel de la palourde montre une grande dispersion et ce au cours des deux campagnes ($I > 1$, $I - 27{,}18$ en 1999 et $I - 30{,}34$ en 2000). Ce type de répartition a été également observé au sein même d'un carré statistique de 0,21 km^2 où les prélèvements en différents points, de 1 m^2 chacun, peuvent avoir un écart type de 37,5. Ainsi, la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham présente une distribution agrégative.

La production totale en palourde dans l'ensemble du gisement naturel (11 km^2) a été estimée à 63,6 tonnes en novembre-décembre 1999 et à 72 tonnes en juillet-août 2000.

Etude du cycle sexuel de la palourde

La figure 8 représente l'évolution de la maturité sexuelle par classe de taille. A partir de la taille 20-22 mm, la population de la palourde présente plus de 50% d'individus matures. 80% de la population est mature à partir de la taille 26 28 mm. Au-delà de 28 mm, presque 100% de la population est mature. Les exceptions observées (22-24, 24-26 mm) sont dues soit à des erreurs d'observation soit à des irrégularités de la maturité chez certains individus.

Le cycle sexuel de la palourde, dans la lagune de Moulay Bousselham a été établi suite à l'analyse de la variation mensuelle de la maturité sexuelle et du pourcentage des stades gonadiques Ce cycle sexuel se déroule de la manière suivante: en hiver, d'octobre à février, plus de 80% de la population est en stade de repos sexuel. Au mois de mars, la gamétogenèse commence chez 74% de la population qui atteint sa maturité au mois d'avril (67%) et qui est prête à pondre aux mois de

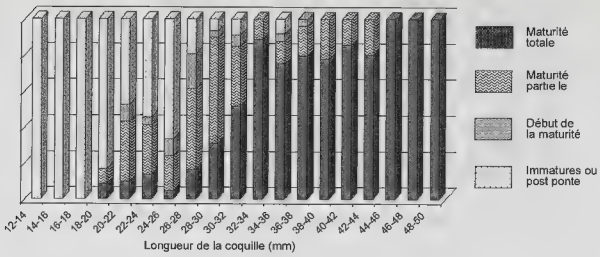


Figure 8. Détermination de la taille de la première maturité sexuelle chez la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham

mai et juin (respectivement 68 et 64%). En juillet et août, plus de 78% de la population est en stade de redéploiement des gonades pour une ponte ultérieure au mois de septembre (tableau 1). Ces résultats sont confirmés par ceux de la maturité sexuelle mensuelle (figure 9). Le cas observé au mois de mars qui correspond à 100% d'individus au repos sexuel pourrait être expliqué par un prélèvement qui ne contient que des individus de queue de lot (reproduction tardive).

Tableau 1. Variation mensuelle du pourcentage des stades gonadiques chez la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham.

Mois	Nombre d'individus	0	1	2	·3A	3B	3C	3D
Août 1999	32	0	0	0	0	9,37	78,12	15,62
Septembre 1999	30	40	0	0	0	0	10	50
Octobre 1999	30	86,6	0	0	0	0	0	13,4
Novembre 1999	29	96,6	0	0	0	0	0	3,4
Décembre 1999	29	96,6	0	0	0	0	0	3,4
Janvier 2000	30	96,6	3,4	0	0	0	0	0
Février 2000	30	93,3	6,7	0	0	0	0	0
Mars 2000	31	16,12	74,19	3,22	0	0	0	0
Avril 2000	30	0	0	23,3	66,66	10	0	0
Mai 2000	30	0	0	0	22,58	67,74	9,6	0
Juin 2000	28	0	0	0	10,71	64,28	17,85	7,14
Juillet 2000	30	3,33	0	0	0	3,33	80	16,66

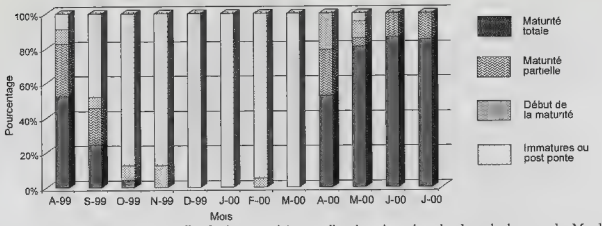


Figure 9 Variation mensuelle de la maturité sexuelle chez la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham

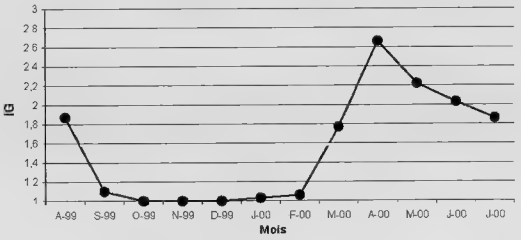


Figure 10. Variation mensuelle de l'indice gonadique chez la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham

Ceci corrobore les résultats de la variation mensuelle de l'indice gonadique (IG) obtenus par observations microscopiques des coupes histologiques des gonades. L'IG atteint sa valeur maximale (2,66) au mois d'avril qui correspond à la période de la maturité des gonades et sa valeur minimale (1) en hiver (octobre-février) qui correspond au repos sexuel (figure 10).

La représentation graphique de l'indice de condition (IC) de la masse viscérale montre deux pics (figure 11), l'un en juillet-août et l'autre en avril qui correspondent à des individus dont les gonades sont complètement matures. Les faibles valeurs enregistrées en janvier et juin correspondent respectivement à la fin de la ponte et au pic de ponte.

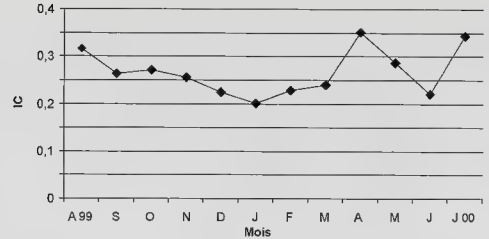


Figure 11. Variation mensuelle de l'indice de condition chez la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham.

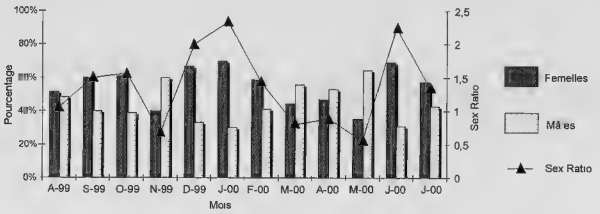


Figure 12. Variation mensuelle du sex ratio chez la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham.

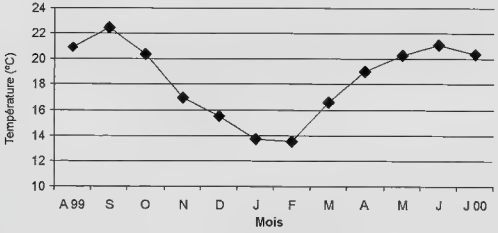


Figure 13. Variation de la température mensuelle moyenne dans la lagune de Moulay Bousselham.

Le sex ratio chez la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham, montre une prédominance des femelles par rapport aux mâles au cours d'un cycle annuel (figure 12). En période de fin de maturité sexuelle (août et avril), la population de palourde a un sex ratio voisin de 1. En périodes de ponte et de repos sexuel, les femelles dominent avec un sex ratio compris entre 1,4 et 2,3. Les mois où les mâles dominent sont novembre et mai. Le pourcentage moyen des individus mâles et femelles calculé sur l'ensemble des individus prélevés au cours du cycle annuel étudié est respectivement de 44,9 ± 11,4 et 55,1 ± 11,4. Le sex ratio est équilibré, il est de 1,23 (test de Student non significatif à $p<0.05$).

Les maxima de la température mensuelle moyenne de l'eau sont observés aux mois de septembre (22,44°C) et de juin (21,09°C) coïncidant respectivement avec l'émission des gamètes d'une ponte continue et d'une ponte aigüe (figure 13).

DISCUSSION

Les densités et les biomasses enregistrées peuvent être considérées bas par rapport aux données d'autres gisements. Ainsi, au nord de l'Espagne, Bald et Borja (2001) ont enregistré des densités et des biomasses moyennes en hiver respectivement de 24,1 individus/m² et 106,3 g/m² dans l'estuaire de Mundaka; alors qu'en été les densités et les biomasses moyennes été de 21,5 individus/m² et 87,8 g/m².

La répartition agrégative de la palourde de Moulay Bousselham a été également notée par Zine *et al.* (1997) chez la même espèce dans la lagune de Nador (façade méditerranéenne) et par Zidane *et al.* (1999) dans la baie de Dakhla (sur la côte Atlantique sud du Maroc). Au Portugal, Vilela (1950) a noté que la distribution de la palourde en surface est irrégulière et se fait de façon agrégative avec un maximum dans la zone intertidale (20 à 30 individus / dm²). Par contre, Pato et Arnal (1978) ont observé une densité moyenne de 7 individus / m² en Espagne.

Bald et Borja (2001) ont estimé une production totale de la palourde dans l'estuaire de Mundaka (0,17 km²) de 7,03 et 6,54 tonnes respectivement en hiver 1999 et 2000. Alors qu'en été 2000 (0,20 km²), la production été de 11,3 tonnes. Donc, la production totale en palourde dans la lagune de Moulay Bousselham peut être considéré très faible. Cette production est essentiellement représentée par des individus dont la taille est inférieure ou égale à 10 mm car les périodes de prospection ont coïncidé avec la phase de recrutement de la palourde. Le déterminisme du recrutement pour la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham est conditionné, d'une part, par la présence permanente des courants permettant le remaniement constant du substrat et, d'autre part, par un substrat mal calibré qui favorise la fixation des larves. Cette constatation a été également mentionnée par Zine *et al.* (1997) dans la lagune de Nador.

L'analyse des examens macroscopiques et microscopiques de la glande génitale de la palourde et l'étude de la variation mensuelle de l'indice gonadique nous ont permis de caractériser le cycle annuel de la reproduction chez *Ruditapes decussatus*. Ainsi, dans la lagune de Moulay Bousselham, la taille de la première maturité sexuelle chez cette espèce est de 20 à 22 mm qui est plus grande que la taille de première maturité sexuelle trouvée au Portugal, où Vilela (1950) a signalé la présence de gamètes chez un individu de 4 mm et admet que certaines palourdes d'un an de vie benthique sont déjà aptes à la reproduction (taille ≤ 20 mm). Par contre dans l'étang de

Thau, Gallois (1977) admet que la différentiation sexuelle apparaît très tôt bien que la majorité des individus n'atteignent leur maturité sexuelle qu'au début de la seconde année de vie benthique.

Le cycle sexuel de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham présente une phase de repos sexuel en hiver, les gonades commencent à se développer dès le mois de mars et deviennent mûres au mois d'avril avec une ponte partielle au mois de mai-juin et une complète en fin août - septembre. Ceci est en accord avec les résultats de Shafee et Daoudi (1991) dans le même site et de El Guartu (1987) dans la lagune de Oualidia. La maturité de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham est plus tardive que celle de la population de l'estuaire de Bouregreg (Chmaitilly, 1989). Cependant, elle est précoce par comparaison à la population de la baie de Dakhla (Zidane *et al.*, 1999). Dans la lagune de Nador, la ponte automnale est la même que dans la lagune de Moulay Bousselham; alors que celle printanière est légèrement précoce (Zine et Menioui, 1995). Daoudi (1987) a émis l'hypothèse de l'existence d'une éventuelle cline de reproduction, avec la précocité des pontes commençant vers l'est (Nador) et devenant de plus en plus tardive lorsqu'on se déplace vers l'ouest. En effet, en Tunisie, Bucaille et Lubet (1983) ont noté plusieurs pontes printanières et automnales encore plus précoces que celles de la population de Nador. De plus, il semble que l'on passe d'une émission massive estivale des gamètes, dans le domaine septentrional, à deux pontes (printemps-automne) dans l'étang de Thau et à plusieurs pontes printanières et automnales en Tunisie (Bucaille et Lubet, 1983). Ainsi, la variation du nombre de ponte par an est en relation avec les différentes conditions environnementales, principalement la température, jointes aux positions géographiques des biotopes.

Par ailleurs, l'influence de la température sur le cycle de la reproduction de la palourde est couramment citée. Bucaille et Lubet (1983) ont montré que plus on se déplace vers le nord, plus la température est basse et plus les pontes printanières méridionales s'approchent progressivement de l'été (Portugal, Arcachon, Bretagne) jusqu'à devenir strictement estivales en Normandie. Gallois (1977) a constaté que, dans l'étang de Thau, l'émission des gamètes chez *Ruditapes decussatus* n'est pas possible au-dessous de la température de 20°C. Ceci confirme nos résultats sur la présence d'une ponte en juin et septembre où la température a dépassé 20°C Dans la lagune de Nador, Zine et Menioui (1995) ont souligné, lors de l'étude de l'évolution des paramètres environnementaux et de la reproduction de la palourde européenne, que la maturation des gamètes dépendrait de la température (26°C), de la photopériode (au moins de 14 h) et de la nutrition (teneur en chlorophylle a de 5 µg/l).

Le sex ratio, calculé tout au long de l'année, est équilibré (1,23: 1) avec un pourcentage moyen des mâles et des femelles respectivement de 44,9 ± 11,4% et 55,1 ± 11,4%. En dépit de cet équilibre, le sex ratio présente une variation mensuelle qui peut être due au mode d'échantillonnage (au hasard) et/ou à une stratégie de reproduction propre à l'espèce. Une étude de Shafee et Daoudi (1991), sur les lagunes de Moulay Bousselham et de Oualidia durant la période décembre 1986 - février 1988, a montré que la population de palourde ne présente aucun signe d'hermaphroditisme et que le pourcentage des mâles est de 42%. Dans la baie de Dakhla, le pourcentage moyen des mâles et des femelles est respectivement de 54,5 ± 10,5% et 44,7 ± 11,3% et le sex ratio est équilibré (1: 1,21) (Zidane *et al.*, 1999).

CONCLUSION

Le présent travail s'intègre dans la perspective de l'optimisation de l'exploitation de la population de la palourde européenne *Ruditapes decussatus* et du développement de l'aquaculture dans la lagune de Moulay Bousselham. Il a porté essentiellement sur l'étude de la distribution spatiale de la palourde et sur l'étude de la reproduction de cette espèce.

Le gisement naturel de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham se localise au niveau du chenal principal, Merja Kahla et en aval de Merja Zerga. La répartition de cette espèce est de type agrégatif, les plus fortes densités et biomasses ont été relevées en amont des chenaux permanents, secondaire et tertiaire. Ce gisement est composé essentiellement d'individus de taille ≤ 10 mm. Ces trois zones du gisement naturel sont propices à la fixation des larves vue la nature hétérogène du substrat et l'hydrodynamisme du milieu.

Les examens macroscopique et microscopique de la glande génitale de la palourde ainsi que l'analyse de la variation mensuelle de l'indice gonadique nous a permis de décrire le cycle de reproduction de cette espèce. La gamétogenèse commence au mois de mars, les gamètes sont mûrs en avril, une ponte aiguë a eu lieu en mai juin et une complète en fin août septembre. La période de repos sexuel se situe en hiver.

Ainsi, dans l'objectif de préserver cette espèce, il est recommandé d'instaurer une période de repos biologique exprimée par un arrêt de pêche de la palourde pendant les mois d'avril à juin (période de ponte de l'espèce) afin de favoriser un bon succès du recrutement et, donc, la restauration du stock. De même, la taille minimale de capture autorisée, fixée actuellement à 30 mm, doit être maintenue.

REMERCIEMENTS

Ce travail s'inscrit dans le cadre du programme relatif à l'évaluation de la palourde, *Ruditapes decussatus* (L., 1758) dans la lagune de Moulay Bousselham. Ainsi, nous tenons à remercier la JICA (Japaneese International Cooperation Agency) en la personne de Ken Homma, les autorités locales et la coopérative des pêcheurs de Moulay Bousselham La cartographie a été réalisée par le laboratoire de Gestion des Bases de Données de l'INRH.

RÉFÉRENCES

Bald J & Borja Y.A., 2001. Estudio de los recursos de almeja y berberecho en Mundaka y Plentzia (1998 2000). Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco, Informes Tecnicos, **93**, 79 p. (document disponible sur internet <http://www.azti.es/castellano/pdf/93.pdf>)

Bayed A., Bazairi H , Benhoussa A. & Qninba A., 1998a. La pêche artisanale dans la lagune de Merja Zerga. Rapport pour l'administration des Eaux et Forêts et de la conservation des sols et Programme MedWet 2, 70 p.

Bayed A , Bazairi H., Benhoussa A., El Agbani M.A., Fekhaoui M. & Qninba A., 1998b. Diagnostic écologique de Merja Zerga Rapport pour l'administration des Eaux et Forêts et de la conservation des sols et Programme MedWet 2, 90 p.

Bazairi H., 1999. La faune macrobenthique de la lagune de Moulay Bousselham. Structure des peuplements et successions spatio-temporelles. Thèse de doctorat en Biologie, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Rabat, 199 p.

Beaubrun P.C., 1976. La lagune de Moulay Bousselham. Etude hydrodynamique et sédimentologique. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, **1**: 1-22

Benbakhta B., 1994. Structure et dynamique du zooplancton de la lagune de Moulay Bousselham (Maroc). Thèse de 3ème cycle, Université Mohammed V, Rabat: 125 p.

Bodoy A., Riva A. & Maitre-Allain T., 1986. Comparaison de la respiration chez *Ruditapes decussatus* (L.) et *R. philippinarum* (Adams et Reeve) en fonction de la température. *Vie et Milieu*, **36**: 83-89.

Bucaille D. & Lubet P., 1983. La vénériculture en Basse Normandie. Rapport contrat ANVAR, Lab de Zoologie, Université de Caen, 65 p.

Carruesco C., 1989. La lagune de Moulay Bou Salham (côte atlantique, Maroc) un environnement côtier artificiel. *Sciences Géologiques, Strasbourg, Mémoires*, **84**: 145-148.

Chmaitilly J., 1989. Etude écologique d'une population exploitée de palourdes en zone estuarienne du Bou-Regreg côte atlantique - Rabat. Mémoire de 3ème cycle Agronomie, option Halieutique, 79 p.

Daoudi M., 1987. Contribution à l'établissement du cycle de reproduction de *Tapes decussatus* (Linné) dans la lagune de Moulay Bousselham. CEA d'écologie et génétique de population, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Rabat, 47 p.

El Guarti M., 1987. Etude préliminaire sur l'élevage de la palourde *Tapes decussatus* (L.) dans la lagune de Oualidia (Maroc). Mémoire de 3ème cycle Agronomie, option Halieutique.

Elliot J.M. & Descamps H., 1973. Guide pour l'étude statistique des échantillons d'invertébrés benthiques. *Annales de Limnologie*, **9**(2): 79-120.

Gallois D., 1977. Sur la reproduction des palourdes *Venerupis decussata* et des clovisses, *Venerupis aurea* de l'étang de Thau (Herault). *Vie et Milieu*, sér. A, **27**(2): 233-254.

Guillou J., Bachelet G., Desprez M., Ducrotoy J.P., Madani I., Rybarzyk H., Sauriau P.G., Sylvand B., Elkaim B. & Glemarec M., 1990. Les modalités de la reproduction de la coque (*Cerastoderma edule*) sur le littoral français de la Manche et de l'Atlantique. *Aquatic Living Resources*, **3**: 29-41.

Itoch S. & Ogiso T., 1954. Study of aquaculture for little-neck clam and clam at Matuura bay in Fukushima prefecture (in Japanese). Report.

Khattabi A., 1997. Etude socio économique: activités humaines et leurs impacts sur la Merja Zerga. Séminaire sur les Zones Humides, Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols-MedWet, 24-26 septembre 1997, Kénitra, Maroc.

Kennedy V.S., 1978. Reproduction in *Mytilus edulis aoteanus* and *Aulalacomya maoriana* (Mollusca; Bivalvia) from Taylors mistake, New-Zeland. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **11**(2): 255-267. (article disponible sur Internet <http://www.rsnz.org/publish/nzjmfr/1977/19.pdf>)

Lucas A. & Beninger P., 1985. The use of physiological indices in marine bivalvia aquaculture. *Aquaculture*, **44**: 187-190.

Maruyama K., 1997. Fishery of the carpet-shell clam, *Ruditapes decussatus* (L.) in the lagoon Merja Zerga (Morocco). Rapport interne de l'Institut National de Recherche Halieutique (I.N.R.H), 12 p.

Nath M., 1991. Etude de la pêche de la palourde *Ruditapes decussatus* (L.) sur la côte Atlantique marocaine entre Rabat et Oualidia. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie (option halieutique) I.A.V. Hassan II, Rabat, 130 p.

Orbi A., 1990 Etude hydrodynamique de la lagune de Moulay Bousselham. *Travaux & Documents*, ISPM, **70**.

Rharbi N., 1990. Essai d'élevage de la palourde *Ruditapes decussatus* (L.) dans la lagune de Moulay Bousselham (côte atlantique marocaine). Thèse de 3 ème cycle. Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Rabat, 129 p.

Shafee M.S. & Daoudi M., 1991. Gametogenesis and spawning in the carpet shell clam (*Ruditapes decussatus* (L.) (Mollusca. Bivalvia) from the atlantic coast of Morocco. *Aquaculture and Fisheries Management*, **22**: 203 - 216.

Vilela H., 1950. Vida bentonica de *Tapes decussatus* (L.) *Travaux de la Station de Biologie Maritime de Lisbonne*, 120 p.

Zidane H., Id Halla M., Rafik M. & El Moussaoui N., 1999. Etude biologique (Croissance, Reproduction…) et évaluation du stock de palourde *Ruditapes decussatus* dans la baie de Dakhla. *Travaux et Documents de l'I.N.R.H* N° 106.

Zine N.E. & Menioui M., 1995 Evolution des paramètres environnementaux et reproduction de la palourde *Venerupis decussata* dans la lagune méditerranéenne de Nador (Maroc). *Rapports et Procès-verbaux des Réunions CIESM*, 34-89.

Zine N E., Menioui M. & Zaouli J., 1997. Edaphisme et recrutement chez *Venerupis decussata* dans la lagune de Nador (Maroc). *Marine Life*, **7**(1 2): 17-27.

Influence des facteurs environnementaux sur la reproduction de la palourde européenne *Ruditapes decussatus* (L., 1758) (Mollusca Bivalvia) dans une lagune côtière du nord-ouest africain: Moulay Bousselham, Maroc

Hanane LABBARDI [1,2,], Omar ETTAHIRI [2], Amina BERRAHO [2], Said LAZAR [1], Nadia EL MOUSSAOUI [2] et Said EL ANTRI [1]*

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est d'étudier le cycle de reproduction chez la palourde européenne, *Ruditapes decussatus*, en relation avec les fluctuations de son environnement.

Les échantillons de palourde ont été prélevés mensuellement au niveau de trois stations, réparties de l'aval vers l'amont de l'écosystème, durant un cycle annuel (juin 2002 - mai 2003). La gamétogenèse se déroule de façon synchrone pour les individus de cette population issus des trois stations. L'espèce présente un cycle caractérisé par une reprise de l'activité gamétogénétique en février suivie d'une ponte partielle en mai-juin et une complète en fin août septembre. Des régressions linéaires simples et multiples ont été effectuées pour mettre en évidence l'éventuelle relation entre les facteurs environnementaux et l'activité reproductrice chez la palourde. Les résultats ont montré que seule la température explique la variance de l'indice de condition au niveau des trois stations étudiées (S1, S2 et S3) à des taux respectifs de 43%, 43,2% et de 47%.

ABSTRACT

Influence of environmental factors on the reproduction of *Ruditapes decussatus* (L., 1758) (Mollusca Bivalvia) in a coastal lagoon of North Western Africa: Moulay Bousselham, Morocco.

The objective of this work is to study the reproduction cycle of the European clam, *Ruditapes decussatus*, in relation to the fluctuations of its environment. The samples of clam were taken monthly in three stations, distributed from downstream to upstream of the ecosystem, during an annual cycle (June 2002 - May 2003). The gametogenesis is held in a synchronous way for the individuals of this population from

[1] Laboratoire de Biochimie, Environnement et Agroalimentaire, UFR Environnement et Santé, Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia, B.P.146, 20800 Mohammedia, Maroc

* Auteur recevant la correspondance: E-mail: <h_labbardi@yahoo.fr>.

[2] Département d'Océanographie et d'Aquaculture, Institut National de Recherche Halieutique, 2 rue de Tiznit, Casablanca, Maroc.

the three stations. This species presents a cycle characterized by a renewal of gametogenetic activity in February, followed of a later spawning in May-June and complete one in the end of August-September. Simple and multiple linear regressions were carried out to highlight the possible relationship between the environmental factors and the reproductive activity of the clam. The results showed that only the temperature explains the variance of the condition index in the three stations studied (S1, S2 and S3) at rates of respectively 43%, 43,2% and 47%.

INTRODUCTION

L'activité reproductrice chez la palourde européenne *Ruditapes decussatus* (Linné, 1758) est le résultat d'une synergie entre les rythmes endogènes et les signaux exogènes, la synchronisation est assurée grâce à des signaux environnementaux (Laruelle, 1999), qui changent typiquement d'une année à une autre, provoquant la variation inter-annuelle de la synchronisation du cycle reproducteur. La température et la disponibilité en nutriments sont les principaux facteurs qui affectent la reproduction chez la palourde (Laruelle, 1999; Urrutia et *al.,* 1999 et Camacho et *al.,* 2003). L'effet de ces deux facteurs est très complexe et dépend spécifiquement de l'acquisition et de la dépense de l'énergie dans l'environnement (Bayne et Newell, 1983). Différentes stratégies de reproduction ont été mises en évidence chez *Ruditapes decussatus* en réponse aux fluctuations des ressources trophiques disponibles dans le biotope (Sastry, 1979; Laruelle, 1999; Rodriguez *et al.,* 2000).

Sur la côte atlantique marocaine, malgré son importance commerciale, la population naturelle de la palourde européenne *Ruditapes decussatus* dans la lagune de Moulay Bousselham n'a fait l'objet jusqu'à présent que de quelques études portant sur sa biologie (Rharbi, 1990; Grichat, 1996). Les travaux sur la reproduction restent très rares et anciens (Shafee et Daoudi, 1991), et aucune étude au sujet de l'influence de la température et de la charge trophique du milieu sur le cycle reproducteur de cette espèce.

La présente étude a pour but de décrire le cycle gamétogénétique de la palourde européenne de la lagune de Moulay Bousselham par le suivi temporel de l'indice de condition et par l'examen microscopique de la gonade. De même, des méthodes statistiques classiques ont été utilisées pour mettre en évidence les relations entre les facteurs environnementaux et les processus relatifs à l'activité reproductrice chez cette espèce.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Biologie de reproduction

Prélèvement des échantillons de palourde

Des échantillons de palourde de 80 individus ont été prélevés aux marées basses de mortes eaux durant un cycle annuel (juin 2002 - mai 2003) au niveau de trois stations intertidales réparties de l'aval vers l'amont de la lagune (figure 1). La station S1, à substrat sableux hétérogène, est soumise aux influences océaniques, la station S2 caractérisée par un substrat vaso-sableux, subit l'influence du canal de Nador et la station S3 à substrat sableux hétérogène envasé, est influencée par les apports continentaux de l'oued Drader.

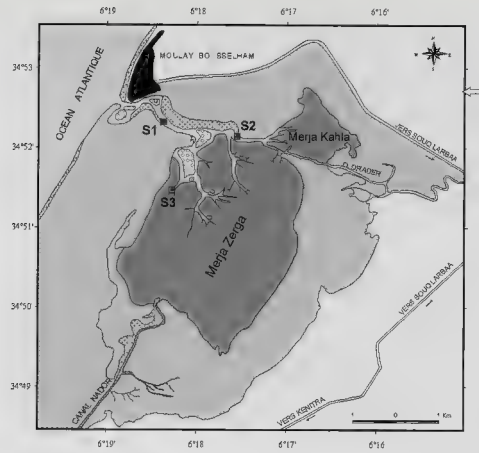


Figure 1. Situation géographique de la lagune de Moulay Bousselham et stations de prélèvement de palourde.

Calcul de l'indice de condition

Cinquante individus de palourde prélevés mensuellement dans chacune des trois stations ont été traités pour le calcul de l'indice de condition. L'indice de condition, IC, utilisé est celui de Walne et de Mann (1975) qui s'écrit: IC = Wch-s / Wcq-s * 1000

Où Wch-s: poids sec de la chair obtenu après séchage à l'étuve à 60°C;

Wcq-s: poids sec de la coquille étuvée jusqu'au poids constant.

Examen microscopique et histologie de la gonade

Trente individus restants sont prélevés avec un intervalle de temps variable selon les périodes, en fonction des résultats préalables du cycle sexuel de la palourde (Shafee et Daoudi, 1991). L'échantillonnage est mensuel pendant la période de repos gonadique (d'octobre au février) et bimensuel pendant la période de l'activité sexuelle. Après identification du sexe chez les individus sexuellement actifs, la masse viscérale des différents individus est fixée par le liquide de Bouin, puis déshydratée dans des alcools et incluses dans la paraffine. Les coupes de 5 µm sont colorées selon la technique du trichrome de Masson. Les différents stades de la gamétogenèse sont appréciés par l'échelle mise au point par Kennedy (1978):

- **Stade 0**: stade de repos génital, les tubules gonadiques sont totalement envahis par le tissu adipeux. Le sexe de l'individu ne peut pas être déterminé.

Stade 1: début de gamétogenèse, l'apparition au sein du tissu de réserve d'une trame indiquant les contours de nouveaux tubules. Les cellules sexuelles (ovogonies et jeunes ovocytes chez la femelle ou petites cellules sombres correspondant aux jeunes spermatogonies chez le mâle) se disposent le long des contours tubulaires.

-Stade 2: développement avancé Chez la femelle, les ovocytes sont attachés à la paroi des tubules par un long pédoncule. A la fin de ce stade, ces ovocytes grossissent légèrement et leurs pédoncules paraissent de plus en plus grêles. Chez le mâle, les spermatides, de petites tailles, sont nombreux et présentent un noyau dense.

- Stade 3A: maturité morphologique. La lumière des tubules est oblitérée par les produits génitaux. Chez la femelle, les ovocytes libres prennent une forme polygonale suite à une pression réciproque les uns sur les autres. Chez le mâle, des follicules de spermatocytes ont totalement disparu. Les spermatides et les spermatozoïdes persistent en occupant entièrement le centre tubulaire.

- Stade 3B: stade de ponte. Les follicules contiennent quelques ovocytes sphériques libres de grande taille du fait de la réduction de la pression dans les follicules qui est induite par la ponte. Chez le mâle, l'arrangement lamellique des spermatozoïdes disparaît. Tous les follicules sont occupés par des spermatozoïdes libres prêts à être émis.

- Stade 3C: stade de redéveloppement, à ce stade, le renouvellement gamétogénétique a lieu. L'apparition d'une bande indique le commencement des stades gamétogénétiques dans les follicules mâles. Chez la femelle, les jeunes ovocytes, attachés, sont abondants sur le mur folliculaire.

- Stade 3D: ponte récente. Les follicules sexuels dégénèrent. Il ne reste que quelques gamètes résiduels non pondus et des débris cellulaires qui ne tardent pas à disparaître complètement.

Prélèvement et analyse des échantillons d'eau

Chaque prélèvement biologique a été couplé à des prélèvements des échantillons d'eau au niveau du chenal situé à proximité de chacune des trois stations. Ces prélèvements ont servi à la mesure de la température de l'eau, de la concentration chlorophyllienne et à la détermination des matières en suspension (MES) et de la matière organique particulaire (MOP).

La température de l'eau a été mesurée *in situ* par un salinomètre de type WTW 197. La biomasse chlorophyllienne a été estimée par spectrophotométrie, après filtration d'un litre d'eau sur des filtres GF/F et l'extraction des pigments par l'acétone à 90% (Aminot et Chaussepied, 1983). L'évaluation de la MOP et des MES est obtenue par simple filtration d'un litre d'eau sur les filtres GF/F préalablement calcinés à 450°C pendant 4 h 30 min, et pesés. Ces filtres sont séchés à 60°C pendant 48 h, leur pesée donne les matières en suspension totales (MES). Les mêmes filtres sont ensuite brûlés à 450°C pendant 4 h 30 min et pesés de nouveau afin d'identifier les fractions organiques (MOP) des matières en suspension totales.

Traitement statistique des données

Des méthodes statistiques de régressions simples et multiples linéaires ont été effectuées pour mettre en évidence les relations entre l'activité gamétogénétique, quantifiée par la variation de l'indice de condition et les facteurs environnementaux (la température, la chlorophylle 'a', la matière en suspension et la matière organique particulaire). Ces analyses ont été effectuées par le logiciel Statistica 4.5.

RÉSULTATS

Variation de l'indice gonadique de condition

La figure 2 représente l'évolution temporelle de l'indice de condition de *Ruditapes decussatus* dans les trois stations étudiées. Cet indice fluctue de manière identique d'une station à l'autre pendant toute la période de l'activité sexuelle. Il atteint son niveau maximum moyen en juillet (356), correspondant à la maturité complète des gamètes puis il décroît en août septembre pour diminuer ensuite régulièrement jusqu'au janvier (203) et ensuite il remonte pour atteindre en avril le plus haut niveau (336), avec cependant une chute brutale en mai.

On note également que les différences inter stations entre les différents échantillons de palourde quand à l'indice de condition ne sont pas significatives.

Evolution des stades sexuels

Les résultats de l'étude histologique sont indiqués sur la figure 3 et le tableau 1. Une synchronisation spatiale de l'évolution des stades gonadiques chez la palourde européenne *Ruditapes decussatus* est observée d'une station à l'autre (tableau 1). En effet, les écarts types spatiaux sont généralement inférieurs à 2%. Par ailleurs, d'octobre au janvier, plus de 80% des individus de palourde sont en période de repos sexuel (stade 0), du février au mars, ce pourcentage diminue considérablement, tandis que le pourcentage des individus en début de gamétogenèse (stade 1) augmente, atteignant (74%) en fin de mars. 70% des gonades deviennent matures en fin d'avril et une émission des produits génitaux a lieu en fin de mai début de juin (stade 3B). En fin de juillet et en début de août, plus de 75% de la population est en stade de redéveloppement des gonades pour une ponte complète en septembre-octobre (stade 3D).

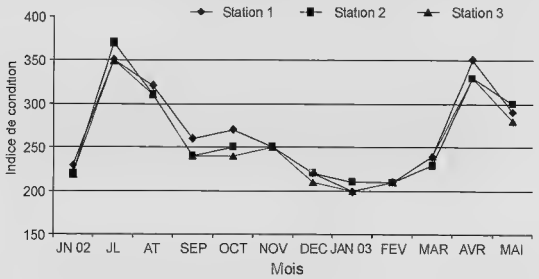


Figure 2. Variation temporelle de l'indice de condition de la palourde dans les trois stations étudiées.

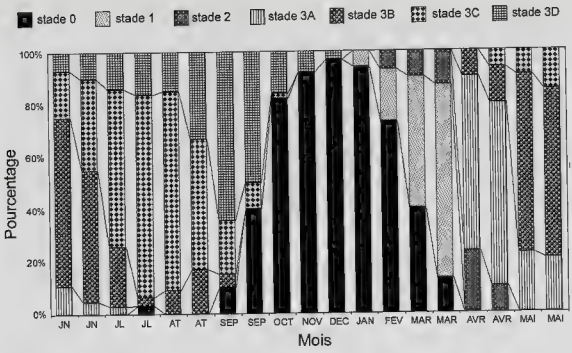


Figure 3. Evolution temporelle des stades gonadiques chez la palourde.

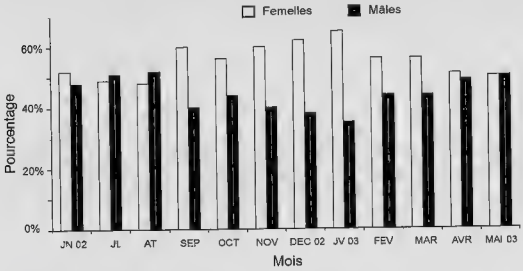


Figure 4. Variation temporelle de la fréquence en pourcentage des palourdes mâles et femelles.

Sex ratio

L'identification du sexe a été faite sur un échantillon de 310 individus de taille comprise entre 15 mm et 55 mm, 157 femelles, 143 mâles et 10 juvéniles dont le sexe n'est pas discernable ont été reconnus. Les femelles sont significativement dominantes (52,3%) par rapport aux mâles (47,66%) ($X^2 = 4,19$).

Tableau 1. L'évolution temporelle des stades sexuels chez *Ruditapes decussatus*, les chiffres entre parenthèses représentent les écarts types spatiaux.

MOIS	0	1	2	3A	3B	3C	3D
Juin 02	0	0	0	10,73 (± 0,45)	64,28 (± 0,12)	17,85 (± 1,3)	7,14 (± 0,18)
Juin	0	0	0	4,52 (± 0,54)	50,24 (± 0,21)	34,92 (± 0,28)	10,32 (± 0,17)
Juillet	0	0	0	2,85 (± 0,55)	22,7 (± 1,45)	60,22 (± 2,33)	14,23 (± 2,48)
Juillet	0 (± 0,17)	0	0	0	3,14 (± 0,18)	80 (± 2,47)	16,86 (± 0,47)
Août	0	0	0	0	9,37 (±0,87)	75,4 (±0,15)	15,23 (±0,54)
Août	5 (± 0,10)	0	0	0	15,21 (± 0,53)	45,45 (± 0,85)	34,25 (± 0,98)
Septembre	10 (±0 51)	0	0	0	5,2 (± 0,16)	20,3 (± 0,42)	64,5 (± 0,24)
Septembre	40 (± 0,24)	0	0	0	0	10 (± 0,25)	50 (± 0,84)
Octobre	82 (± 0,35)	0	0	0	0	2 (± 0,41)	16 (± 0,21)
Novembre	92 (± 0,25)	0	0	0	0	0	8 (± 0,87)
Décembre 02	96.6 (± 1,5)	0	0	0	0	0	3 4 (± 0 48)
Janvier 03	94 (± 0,58)	6 (± 0,42)	0	0	0	0	0
Février	73 (± 0,51)	20 (± 1,32)	7 (± 0,65)	0	0	0	0
Mars	40 (± 2,4)	50 (± 0,50)	10 (± 0,49)	0	0	0	0
Mars	13,65 (± 0,48)	74,19 (± 0,54)	13,22 (± 0,21)	0	0	0	0
Avril	0	0	23,3 (± 2,34)	66,66 (± 1,21)	10,04 (± 0,85)	0	0
Avril	0	0	10 (± 0,48)	70 (± 0,25)	13,44 (± 0,89)	6,65 (± 0,24)	0
Mai	0	0	0	22,66 (± 2,8)	67,74 (± 0,23)	9,6 (± 1,5)	0
Mai 03	0	0	0	20,83 (± 0,98)	64,6 (± 0,48)	15.89 (± 1 9)	0

La variation mensuelle de la sex ratio chez la palourde au cours d'un cycle annuel montre que d'avril à août, la différence de la fréquence en pourcentage des mâles et des femelles est non significative. A partir de septembre jusqu'au mars, le nombre des femelles dépasse celui des mâles et atteignant un pourcentage moyen mensuel de 60% et 40% respectivement (figure 4).

Effets des facteurs environnementaux sur le cycle sexuel

L'influence des facteurs du milieu sur la reproduction a été étudiée suite à des analyses des régressions linéaires simples et multiples. Nous avons pris comme facteurs du milieu, la température, la chlorophylle 'a', la matière en suspension (MES) et la matière organique particulaire (MOP) et comme variable dépendante, l'indice de condition. Cette approche a été appliquée à chacune des trois stations étudiées (S1, S2 et S3) considérées séparément. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 2.

Les résultats de l'analyse des régressions multiples montrent que le pourcentage de la variabilité de l'indice de condition expliqué par l'ensemble des facteurs considérés est significatif au niveau des trois stations étudiées, les pourcentages enregistrés sont proches, de l'ordre de 43%, 39% et de 40% respectivement au niveau des stations S1, S2, et S3 (tableau 2).

Les résultats de l'analyse de régressions simples montrent que seule la température explique la variance de l'indice de condition au niveau des trois stations étudiées S1, S2 et S3 à des taux respectifs de 43%, 43,2% et de 47%. L'action de ce paramètre sur l'indice serait du au fait que celui ci augmente d'une façon hautement significative (à $p<0,001$) avec la température (figure 5).

Par ailleurs, au niveau de la station S2, la température de l'eau et la chlorophylle 'a' semblent influencer toutes les deux sur le processus de la maturité de la gonade chez *R. decussatus*. En effet, la contribution de la température domine celle de la chlorophylle 'a' (43.2% de la variance contre 15 %). Cependant, les autres paramètres (les matières en suspension et la matière organique particulaire) n'expliquent, dans aucune station, les fluctuations temporelles de l'indice de condition.

Tableau 2. Régressions simples et multiples de l'indice de condition par les facteurs environnementaux chez *R. decussatus*. (N.S): non significatif à $p>0,05$; (***) à $p<0,001$

Régressions	Pourcentage de la variabilité de l'indice de condition expliqué par les facteurs considérés (%)		
	Station S1	Station S2	Station S3
Température, Chlorophylle 'a', Matière en suspension et Matière organique particulaire	43,05 (***)	38,45 (***)	40,4 (***)
Température	43 (***)	43,2 (***)	47 (***)
Chlorophylle	0,04 (N.S)	15 (***)	2.6 (N.S)
Matière en suspension	0,8 (N.S)	0,3 (N.S)	0,4 (N.S)
Matière organique particulaire	0,1 (N.S)	0,7 (N S)	0,3 (N S)

Tableau 3. Les valeurs moyennes des différents paramètres environnementaux mesurés (la température, les matières en suspension, la matière organique particulaire et la chlorophylle 'a') Les chiffres indiqués entre parenthèses représentent les valeurs maxima et minima.

	Station 1	Station 2	Station 3
Température (°C)	21,27 (15,3 - 27,7)	22,93 (16,2 - 29,7)	22,12 (15 - 28 9)
Matières en suspension (mg/l)	31,30 (4,2 - 66,4)	25,96 (4.6 - 64.4)	31,23 (6 - 71,4)
Matière organique particulaire (mg/l)	5,85 (1,1 – 18,8)	5,38 (0,4 – 14 8)	6,58 (0,8 – 18,6)
Chlorophylle 'a' (mg/m^3)	0,46 (0,10 – 1,49)	0,52 (0,10 -1,84)	0,40 (0,10 – 1,68)

DISCUSSION

De nombreux travaux ont déterminé le cycle sexuel chez la palourde européenne par le calcul de l'indice de condition complété par l'examen macroscopique et microscopique de la glande génitale (Shafee et Daoudi, 1991; Borsa et Millet, 1992; Xie et Brunell, 1994; Trigui El Ménif *et al.,* 1995 et Laruelle, 1999). Dans la lagune de Moulay Bousselham, les résultats de la variation de l'indice de condition et le suivi de l'évolution des stades gonadiques de la glande génitale de la palourde ont montré que la gamétogenèse se déroule de façon synchrone pour les individus de cette population issus des trois stations spatialement éloignées (S1, S2 et S3). Cette espèce présente un cycle caractérisé par une reprise de l'activité gamétogénétique en février suivie d'une ponte partielle en mai-juin et une complète en fin aout septembre. La période hivernale correspond à une phase d'arrêt de l'activité sexuelle. Ce cycle gonadique est similaire à celui observé chez la population de palourde européenne de la lagune de Thau (France) (Borsa et Millet, 1992): deux pontes annuelles ont été observées, une au début de juin et une autre en fin d'été (août). En Rade de Brest, la gamétogenèse débute en avril, les plus fortes fréquences d'individus à maturité sont observées en juillet-août, les pontes se produisent à partir d'août et ce jusque fin septembre début d'octobre (Laruelle, 1999). Cependant, une seule ponte estivale a été observée par Breber (1980) dans la lagune de Venise (Italie) et par Vilela (1950) au Portugal. Sur la côte nord-ouest de l'Espagne, chez les deux sexes, mâles et femelles de la population naturelle de *R. decussatus*, les gamètes sont continuellement libérés entre avril et août, avec une ponte principale en août-septembre (Rodriguez Moscoso et Arnaiz, 1998). Dans le canal de Tunis (Tunisie), la période de ponte s'étend entre juin et septembre, avec deux pontes secondaires, une en mai et la seconde à la fin de l'automne et au début de l'hiver (Zamouri-Langar, 1991).

Par ailleurs, l'indice de condition chez *R. decussatus* dans la lagune de Moulay Bousselham varie au cours de l'année entre 203 et 356, soit des valeurs qui sont proches de celles trouvées dans le même site par El Moussaoui *et al.,* (2005, sous presse) et par Shafee et Daoudi (1991) et dans d'autres sites marocains paraliques, par Rafik (1991) dans la lagune de sidi Moussa et par Zine et Menioui (1995) dans la lagune de Nador. A l'inverse, des résultats obtenus en Rade de Brest par Laruelle (1999), dans la lagune de Bizerte et dans le golfe de Gabès par Trigui El Ménif

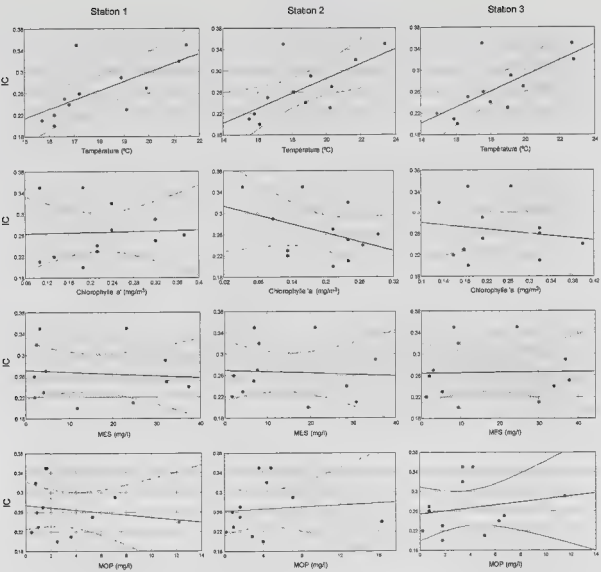


Figure 5. Courbes des régressions simples entre l'indice de condition et les différents paramètres environnementaux (la température, la chlorophylle'a', les matières en suspension et la matière organique particulaire). Les lignes en pointillées représentent les limites de l'intervalle de confiance à 95%.

et al., (1995), ont montré que cet indice fluctue respectivement entre 70 et 120, 80 et 115 et entre 100 et 130. Cette différence dans l'amplitude de variation de l'indice de condition suggère des différences de l'effort de reproduction. Toutefois, on doit rester réserver vis-à-vis de cette suggestion, car, chez les espèces à gonade diffuse, telles que les palourdes, l'indice de condition ne traduit pas uniquement l'évolution pondérale de la gonade, mais intègre également les variations du soma (Laruelle, 1999).

Les travaux portant sur la biologie de la reproduction des bivalves, et en particulier chez la palourde européenne, ont mis en évidence l'influence des facteurs abiotiques sur la durée de la gamétogenèse et sur le nombre d'émissions gamétiques par an. La température et le potentiel trophique du milieu quantifié d'une part par la concentration en chlorophylle 'a' et d'autre part par la charge sestonique (les matières en suspension et la matière organique particulaire) semblent jouer un rôle primordial dans le contrôle des processus de reproduction (Lubet, 1970; Gallois, 1977; Partridge, 1977; Breber, 1980; Newell et *al.,* 1982; Zine et Meniou, 1995; Laruelle, 1999; Urrutia et *al.,* 1999; Perez Camacho et *al.,* 2003).

Les résultats de l'analyse des régressions ont révélé qu'au niveau des trois stations étudiées, la température explique à elle seule la variabilité de l'indice de condition de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham, à des taux respectifs de 43%, 43,2% et de 47%. Ceci est en accord avec les résultats trouvés par Laruelle (1999), qui a souligné que parmi les facteurs environnementaux étudiés, la température joue un rôle prépondérant dans l'explication des variations temporelles de la condition physiologique des deux espèces de palourdes (*R. decussatus* et *R. philippinarum*) en Rade de Brest et dans le golfe de Morbihan.

Lubet (1970) a constaté que la durée de la gamétogenèse des espèces à ponte printanière ou estivale est conditionnée par les températures moyennes qui affectent les animaux pendant les mois d'hiver. Selon Laruelle (1999), ce descripteur a vraisemblablement un effet modulateur sur la réalisation de la gamétogenèse, il souligne également l'existence d'un seuil thermique qui se situe entre 10,5°C et 12°C chez *R. philippinarum.* Dans le golfe de Gabès où la température hivernale est d'environ 16°C, la gamétogenèse, qui selon Breber (1980) commence à 12°C chez *R. decussatus,* peut se déclencher durant cette période (Trigui El Ménif et *al.,* 1995).

Chez d'autres espèces de bivalves, Paulet et *al.,* (1992) a constaté un délai de deux semaines entre deux années successives quant aux dates d'élévation de la température qui semble se répercuter sur les dates d'augmentation de l'indice gonadique et de la ponte chez *Pecten maximus* en baie de St Brieuc. Dans le lac de Bizerte, la température apparaît le descripteur le plus représentatif de l'état d'occupation des tissus par les cellules sexuelles ou les réserves liées au cycle de reproduction de *Mytilus galloprovincialis* (Alaoui Bejaoui et *al.,* 2002).

Outre son influence sur le déclenchement de l'activité gamétogénétique, Lubet (1981) a montré expérimentalement que les émissions gamétiques chez *R. decussatus* sont également dépendantes de la température. Ce constat a été également relevé chez *Corbicula japonica* dans le lac de Abashiri (Japon) par Baba et *al.,* (1999). Gallois (1977) a constaté que, dans l'étang de Thau, les émissions des gamètes chez la palourde européenne ne semblent pas possibles au dessous de la température de 20°C. Borsa et Millet (1992) ont rapporté que la ponte chez cette espèce est déclenchée par l'augmentation de la température.

Par ailleurs, les autres paramètres environnementaux pris en considération dans cette étude (chlorophylle'a', les matières en suspension et la matière organique particulaire) ne semblent, cependant jouer un rôle dans les processus gamétogénétiques chez la palourde européenne dans la lagune de Moulay Bousselham. Ceci pourrait être expliqué par le fait que les fluctuations temporelles des paramètres étudiés ne sont pas significatives (à $p>0.05$) (Labbardi et *al.,* 2005). Cet état de fait laisse supposer que cette espèce adopte une stratégie de la mise en réserves des

nutriments stockés en période automno-hivernale qui correspond à la période de repos sexuel pour être utilisés pour son développement gonadique.

Ce type de stratégie a été observé chez la population de R. *decussatus* en Galice (Espagne) par Rodriguez et *al.,* (2000). Cet auteur a associé la stratégie reproductrice chez cette population à un modèle conservateur, dans lequel l'accumulation des nutriments a lieu avant la gamétogenèse, et que la conversion des réserves de glycogène en lipides au niveau des oocytes a lieu pendant la maturité sexuelle. Par contre, chez les populations de palourdes européenne et japonaise, l'initiation des processus vitellogénétiques coïncide avec les périodes d'abondances phytoplanctoniques printanières (Laruelle, 1999). De même, Ventura et *al.,* (1997) ont rapporté que la ponte chez *Astropecten brasiliensis* a lieu en période d'upwelling (forte richesse phytoplanctonique).

CONCLUSION

Le suivi de la variation de l'indice de condition et l'examen microscopique de la glande génitale de la palourde de la lagune de Moulay Bousselham nous ont permis de caractériser le cycle sexuel chez cette espèce. La gamétogenèse débute en février, tous les individus sont matures en juillet août, une ponte partielle a lieu en mai juin et la plupart des individus ont pondu totalement en septembre-octobre.

L'étude des relations liant les paramètres environnementaux pris en considération dans cette étude et l'indice de condition a permis de quantifier l'impact des paramètres du milieu les plus importants sur la gamétogenèse. Les résultats mettent en évidence le rôle prépondérant de la température quant à l'explication de la variation temporelle de l'indice de condition.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aloui Bejaoui N., Le Pennec M., Rezgui S & Maamouri F., 2000 Influence du cycle de reproduction et des conditions du milieu sur la croissance pondérale de *Mytilus galloprovincialis* basée sur l'utilisation d'un animal standard. *Marine Life*, **12**(1-2): 47-57.

Aminot A & Chausspied M., 1983. Manuel des analyses physico chimiques du milieu marin. CNEXO, Brest, 395 p.

Baba K., Tada M., Kawaguti T & Kuwahara Y., 1999. Effects of temperature and salinity on spawning of the brackish water bivalve *Corbicula japonica* in Lake Abashiri, Hokkaido, Japon. *Marine Ecology Progress Series*, **180:** 213-221.

Bayne B.L & Newell R.C., 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In: Saleuddin A.S M., Wilbur K.M. (eds) The Mollusca, Vol. 4, Academic Press, New York, pp. 407-515.

Borsa P et Millet B., 1992. Recruitment of the clam *Ruditapes decussatus* in the lagoon of Thau, Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **35:** 289-300.

Breber P., 1980. Annual gonadal cycle in the carpet-shell clam *Venerupis decussata* in Venice Lagoon. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*, **70:** 31-35.

El Moussaoui N., Berraho A., Orbi A. & Labbardi H., 2005. Cartographie du stock naturel de la palourde, *Ruditapes decussatus* (L., 1758) dans la lagune de Moulay Bousselham (Maroc). *Haliotis*, **34:** 1-18.

Gallois D., 1977. Sur la reproduction des palourdes *Venerupis decussatus* et des clovisses, *Venerupis aurea* de l'étang de Thau (Herault). *Vie et Milieu*, Ser. A, **27**(2): 233-254.

Grichat H., 1997. Contribution à l'étude des principaux prédateurs de la palourde (*Ruditapes decussatus*, Mollusca: Bivalvia) dans la lagune de Moulay Bousselham Mémoire de 3ème cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 80 p.

Kennedy V.S., 1978 Reproduction in *Mytilus edulis aoteanus* and *Aulalacomya maoriana* (Mollusca; Bivalvia) from Taylors mistake, New-Zeland. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **11**(2): 255-267. <article disponible sur Internet <http://www.rsnz.org/publish/nzjmfr/1977/19.pdf>

Labbardi H, Ettahiri O., Lazar S., Massik Z & El Antri S, 2005. Etude de la variation spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques caractérisant la qualité des eaux d'une lagune côtière et ses zonations écologiques: cas de Moulay Bousselham, Maroc. *Comptes Rendues de l'Académie des Sciences, Géosciences*, **337**: 505-514.

Laruelle F., 1999. Phénologie et déterminisme de la reproduction chez *Ruditapes decussatus* (L.) et *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve) en Bretagne. Thèse de Doctorat d'Université, Université de Bretagne Occidentale, 212 p.

Lubet P., 1970. Cycles et rythmes sexuels chez les mollusques pélécypodes Influence du milieu et étude expérimentale. *Annales de l'Institut Michel Pacha*, **3**: 24-50.

Lubet P., 1981 Action de la température sur le cycle de reproduction des lamellibranches. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, **106**: 283-292

Newell R.I.E., Hilbish T.J., Koehn R.K & Newell C.J., 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. *Biological Bulletin*, **162**: 299-310.

Partridge J.K., 1977. Studies on *Tapes decussatus* in Ireland. Natural populations, artificial propagation and mariculture potential. PhD of Nature. Dept. of Zoology, University College of Galway, Galway, Ireland, 336 pp.

Paulet Y.M., Dorange G., Cochard J.C & Le Pennec M, 1992. Reproduction et recrutement chez *Pecten maximus* L. *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris, **68**(1-2): 45-64.

Perez Camacho A., Degado M., Fernandez-Reiriz M.J & Labarta U., 2003. Energy balance, gonad development and biochemical composition in the clam *Ruditapes decussatus*. *Marine Ecology Progress Series*, **58**: 133-145.

Rharbi N, 1990. Essai d'élevage de la palourde *Ruditapes decussatus* (L.) dans la lagune de Moulay Bousselham (côte atlantique marocaine). Thèse de 3ème cycle. Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Rabat, 129 p.

Rodriguez Moscoso E & Arnaiz R., 1998. Gametogenesis and energy storage in a population of the grooved carpet-shell clam, *Tapes decussatus* (Linné, 1758) in northwest Spain. *Aquaculture*, **162**. 125 139

Rodriguez E. 2000. Histofisiología de la reproducción de la almeja fina *Ruditapes decussatus* (Linné, 1758) en la Ria de Arosa (población naturel y población de cultivo). Thèse de Doctorat, Université de Santiago de Compostela, 245 pp.

Sastry A.N., 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae) *In*: Reproduction of Marine Invertebrates, Vol 5 (Giese A.C. & Pearse. J.S., eds.): 113-292. Academic Press. New York.

Shafee M.S & Daoudi M., 1991. Gametogenesis and spawning in the carpet-shell clam *Ruditapes decussatus* (L.,) (Mollusca, Bivalvia) from the Atlantic coast of Morocco. *Aquaculture and Fisheries Management*, **22**: 203-216.

Trigui El Ménif , Le Pennec M. & Maamouri F., 1995. La reproduction de la palourde *Ruditapes decussatus* (mollusque, bivalve) sur les côtes tunisiennes. *Vie Marine/Marine Life*, **1**: 35-42.

Urrutia M.B., Ibarrola I., Iglesias J.I.P. & Navarro E., 1999. Energetics of growth and reproduction in a high-tidal population of the clam *Ruditapes decussatus* from Urdaibai Estuary (Basque Country, North Spain). *Journal of Sea Research*, **42**: 35-48.

Ventura C.R.R., Falcão A.P.C., Santos J.S & Fiori C.S., 1997. Reproductive cycle and feeding periodicity in the starfish *Astropecten brasiliensis* in the Cabo Frio upwelling ecosystem (Brazil). *Invertebrate Reproduction and Development*, **31**(1-3): 135-141.

Vilela H., 1950. Vida bentonica de *Tapes decussatus* (L.). *Travaux de la Station de Biologie marine de Lisbonne*, **53**: 1-120

Walne P.R . & Mann R., 1975. Growth and biochemical composition in*Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. *In*: Proceedings of the 9th European Marine Biology Symposium (H. Barnes, ed.): 587-607. Aberdeen University Press.

Xie Q. & Brunell G.M., 1994. A comparative study of the gametogenic cycles of the clams *Tapes philippinarum* (Adams et Revee 1850) and *Tapes decussatus* (Linnaeus) on the south coast of Ireland. *Journal of Shellfish Research*, **13**(2): 467-472.

Zamouri-Langar N., 1991. Le cycle sexuel de *Tapes decussatus*, Linnaeus, 1758 (Bivalve, Veneridae) dans le canal de Tunis. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbo*, **18**: 5-22.

Zine N.E. & Menioui M , 1995. Evolution des paramètres environnementaux et reproduction de la palourde *Venerupis decussata* dans la lagune méditerranéenne de Nador (Maroc). *Rapports et Procès-verbaux des Réunions CIESM*, 34-89.

Étude de l'activité alimentaire chez la palourde européenne *Ruditapes decussatus* (Linné, 1758) (Mollusca, Bivalvia) dans une lagune côtière du nord-ouest africain: Moulay Bousselham, Maroc

Hanane LABBARDI [1], Anne DONVAL [2], Omar ETTAHIRI [3], Said LAZAR [1], Amina BERRAHO [3] Abdelaziz HMYENE [1] et Said EL ANTRI [1]*

RÉSUMÉ

La mesure de l'activité alimentaire chez la palourde européenne, *Ruditapes decussatus*, en relation avec les fluctuations de son environnement et en fonction de son cycle de reproduction a été estimée par la détermination de la concentration en chlorophylle 'a' et de celle de son produit de dégradation (phéopigments) présentes dans la glande digestive de la palourde. Les échantillons de palourde ont été prélevés mensuellement au niveau de trois stations, réparties de l'aval vers l'amont de l'écosystème, durant un cycle annuel.

La variation temporelle de la concentration de la chlorophylle 'a' dans la glande digestive suit celle des phéopigments, les fortes concentrations sont enregistrées en août, septembre, décembre, mars et avril. Les différences inter-stations entre les différents échantillons de palourde ne sont pas significatives (à $p<0,05$).

Des régressions simples et multiples ont été effectuées pour mettre en évidence l'éventuelle relation entre les facteurs abiotiques et biotiques et la prise de nourriture chez la palourde. Les résultats ont montré que le pourcentage de la variabilité de la prise alimentaire de la palourde expliqué par l'ensemble des facteurs considérés est important au niveau des stations situées en amont de la lagune. Au niveau de ces deux stations, les matières minérales et organiques particulaires semblent jouer un rôle prépondérant quant à l'explication des variations temporelles de la prise alimentaire de la palourde.

[1] Laboratoire de Biochimie, Environnement et Agroalimentaire, UFR Environnement et Santé, Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia, B.P.146, 20800 Mohammedia, Maroc.

* Auteur recevant la correspondance: fax +212 22 26 69 67,e-mail <h_labbardi@yahoo.fr>.

[2] IUEM, UMR CNRS 6539 (Lemar), Technopôle Brest Iroise, place N.-Copernic, 29280 Plouzané, France

[3] Laboratoire d'Océanographie Biologique, Département d'Océanographie et d'Aquaculture, Institut National de Recherche Halieutique, 02, rue de Tiznit, Casablanca, Maroc.

ABSTRACT

Study of the feeding activity in the European clam *Ruditapes decussatus* (L, 1758) (Mollusca Bivalvia) in the in a coastal lagoon of the NW African coast: Moulay Bousselham, Morocco.

The objective of this work is to measure the feeding activity in the European clam, *Ruditapes decussatus*, in relation to the fluctuations of its environment and according to its reproduction cycle. The feeding activity of this species was estimated by the determination of the chlorophyll 'a' concentration and its degradation product (phaeipigment) presented in digestive gland of clams. Clams were collected monthly in three stations, distributed downstream and upstream of the lagoon, during an annual cycle. The temporal variation of the concentration of chlorophyll 'a' in digestive gland is similar to that of pheopigment. The strongest concentrations are recorded in August, September, December, March and April. The inter-stations differences between the samples of clam are not significant (at $p<0.05$).

Simple and multiple regressions were carried out to highlight the possible relation between the abiotic and biotic factors and the catch of food in the clam. The results showed that the percentage of the variability of the food uptake of the clam explained by all considered factors is important in two stations located upstream of the lagoon (S2 and S3). On these two stations, the inorganic and organic particulate matters seem important for the explanation of the temporal variations of the food uptake of the clam.

INTRODUCTION

Inscrite depuis 1980 parmi les sites RAMSAR, la lagune de Moulay Bousselham est connue comme la plus grande zone humide d'importance internationale du Maroc. Elle présente plusieurs originalités écologiques (Bazairi *et al.,* 2003), notamment comme abri pour un certain nombre d'oiseaux migrateurs et connaît d'importantes activités socio-économiques en raison de la pratique de la pêche artisanale des poissons et des mollusques. Ce site héberge un gisement coquiller naturel important de palourde européenne, *Ruditapes decussatus* (L, 1758) (Mollusca, Bivalvia), exploité par la population locale. Toutefois, durant ces dernières années, les bancs naturels de palourdes, à force d'être sollicités, s'amenuisent suite à l'inadéquation entre la faiblesse de la quantité disponible dans le milieu et l'effort de pêche élevé. Face à une telle situation, un programme pluridisciplinaire a été mené dans la lagune de Moulay Bousselham portant sur l'étude de l'écophysiologie de la palourde européenne, et ce dans le but de viser ultérieurement une stratégie de repeuplement. Ce présent travail a pour objectif d'évaluer la composition quantitative du matériel particulaire effectivement utilisé par la palourde.

Différentes méthodes sont utilisées pour l'évaluation de l'activité alimentaire chez les bivalves phytoplanctonophages. Certaines sont basées sur l'identification et la quantification des espèces phytoplanctoniques présentes dans leurs contenus stomacaux par microscopie optique, ou par l'analyse quantitative des pigments photosynthétiques par HPLC (Robinson *et al.,* 1989; Pastoureaud *et al.,* 1995, Loret, 1999) et/ou par fluorimétrie (Kamermans, 1994; Chauvaud *et al.,* 2001). D'autres méthodes encore basées sur le calcul *in vitro* des indices de différences d'efficacité d'ingestion et de digestion (Urrutia *et al.,* 1996, Hawkins *et al.,* 1996, 1998, 1999; Yukihira *et al.,* 1999).

Au cours de la dernière décennie, les scientifiques ont porté un intérêt particulier à étudier l'influence des divers facteurs externes et internes sur les processus de filtration, de sélection pré-ingestive et de l'absorption post-ingestive chez les bivalves filtreurs. Les résultats de leurs travaux ont souligné que la composition et l'abondance du seston en suspension dans l'eau d'une part et

l'état sexuel de l'animal d'autre part jouent un rôle important dans la régulation et le contrôle de l'activité alimentaire des bivalves (Beninger *et al.,* 1992; Delsous Paoli *et al.,* 1992; Bayne *et al.,* 1993; Barillé *et al.,* 1993; Ward *et al.,* 1994 et 1998; Pastoureaud *et al.,* 1995; Bayne, 1998; Denis *et al.,* 1999; Pouvreau *et al.,* 1999).

L'objectif de la présente étude est de mesurer l'activité alimentaire chez la palourde européenne, *Ruditapes decussatus,* en relation avec les fluctuations des paramètres environnementaux de la lagune de Moulay Bousselham (la chlorophylle 'a', les matières organiques et minérales particulaires). Par ailleurs, un autre paramètre environnemental, la pluviométrie, a été considéré également pour étudier son éventuelle influence sur la prise alimentaire de palourde. Ceci étant donné que le climat de la région de Moulay Bousselham appartient à l'étage sub-humide, le site est soumis à des régimes climatiques différents au cours de l'année qui se traduisent par des différences du niveau d'eau lagunaire, dues aux fluctuations des débits des rivières influant sur le site. La mesure de cette activité alimentaire chez cette espèce a été estimée par la détermination des teneurs en chlorophylle 'a' et en phéopigments dans la glande digestive par spectrophotométrie. Les résultats obtenus sont interprétés en tenant compte du cycle sexuel de la palourde.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site étudié

Etendue sur une surface de 35 Km^2, la lagune de Moulay Bousselham, communément appelée Merja Zerga, est la plus septentrionale sur la côte nord atlantique marocaine, elle est située à 120 Km au nord de Rabat, entre 34°47'et 34°52' latitude nord et entre 6°13' et 6°18' longitude ouest (voir Labbardi *et al.,* 2005: figure 1). L'alimentation et l'évacuation de ses eaux sont assurées par un réseau de chenaux (primaire, secondaire et tertiaire) qui garantit l'échange entre la lagune et l'océan Atlantique et ce par le biais d'un goulet étroit d'une longueur de 50 m quand il est opérationnel. Par ailleurs, cet écosystème est alimenté par les apports d'eaux douces dont les plus principaux sont ceux du Canal de Nador au sud et de l'oued Drader au nord-est. Les marées sont semi diurnes, le marnage moyen est de l'ordre de 0,15 1,15 m le long de la lagune ce qui la classe parmi les environnements microtidaux (Carruesco, 1989a). La profondeur varie entre 0 et 2 m (en moyenne 50 cm) suivant le cycle tidal et les précipitations.

Prélèvements et analyse des échantillons

Les échantillons de palourdes ont été prélevés mensuellement à marée basse des mortes eaux durant un cycle annuel juin 2002 mai 2003 au niveau de 3 stations intertidales réparties de l'aval vers l'amont de la lagune (Labbardi *et al.,* 2005). La station S1, à substrat sableux hétérogène, est soumise aux influences océaniques, la station S2 caractérisée par un substrat vaso-sableux subit l'influence du canal de Nador et la station S3 à substrat sableux hétérogène envasé, est influencée par les apports continentaux de l'oued Drader.

Chaque prélèvement biologique a été couplé à des prélèvements des échantillons d'eau au niveau du chenal, situé à proximité de chacune des trois stations Les prélèvements d'eau ont été

réalisés en surface à marée basse et à marée haute des mortes eaux. Ces prélèvements ont servi à la mesure de la concentration chlorophyllienne et à la détermination des matières organiques et minérales particulaires (MOP, MMP).

La biomasse chlorophyllienne a été estimée par spectrophotométrie, après filtration d'un litre d'eau sur des filtres GF/F et l'extraction des pigments par l'acétone à 90% (Aminot et Chaussepied, 1983). L'évaluation de la MOP et de la MMP est obtenue par simple filtration d'un litre d'eau sur les filtres GF/F préalablement calcinés à 450°C pendant 4 h 30 min, et pesés. Ces filtres sont séchés à 60°C pendant 48 h, leur pesée donne la matière totale en suspension. Les mêmes filtres sont ensuite brûlés à 450°C pendant 4 h 30 min et pesés de nouveau afin d'identifier les fractions organiques particulaires (MOP) et minérales particulaires (MMP) des matières en suspension totales.

Les données de la pluviométrie proviennent de la station de Dlalha qui est la station la plus proche de la lagune de Moulay Bousselham (à 20 km au sud) parmi celles installées par l'ORMVAL (Office Régional de la Mise en Valeur Agricole du Loukkos) dans le périmètre du Loukkos.

Pour l'étude de l'activité alimentaire chez la palourde, des lots de 40 individus de palourde de taille de 20-30 mm de longueur antéro postérieure prélevés mensuellement ont été traités. La glande digestive est disséquée puis broyée dans 10 ml d'acétone à 90%, l'homogénat obtenu est ensuite filtré. Le poids sec (PS) est déterminé après séchage du broyat retenu à la surface du filtre à 100°C pendant 48 h. La chlorophylle 'a' et les phéopigments sont mesurés par spectrophotométrie à partir du filtrat. Les résultats sont exprimés en microgrammes de pigments par gramme du poids sec (µg/g PS).

Un deuxième lot de palourde de 30 individus, de même taille (20-30 mm), a été traité pour décrire le cycle gamétogénétique de l'espèce par le calcul de l'indice de condition (IC). Plusieurs auteurs ont établi différentes formules de l'IC, parmi eux Lucas et Beninger (1985) ont défini l'IC comme étant le rapport du poids sec de la chair (PS) et le poids de la coquille (PC).

Traitement statistique des données

Une analyse de variance à deux critères de classification (Anova 2 FF) a été appliquée pour tester la signification des différences spatio-temporelles des paramètres mesurés. L'homogénéité de la variance est vérifiée par le test de Fisher-Snédecor Fmax (Sokal, 1995).

De même, les méthodes statistiques de régressions simples et multiples ont été effectuées pour mettre en évidence les relations entre la prise alimentaire, quantifiée par la concentration de la chlorophylle 'a' déterminée dans la glande digestive de la palourde, et les facteurs externes (chlorophylle 'a', charge organique particulaire MOP et minérale particulaire MMP, et pluviométrie) et internes (IC). Au cours de cette analyse, on n'a tenu compte que des valeurs de concentrations de la chlorophylle 'a' et de la charge particulaire organique et minérale relevés dans l'eau à marée haute, car chez les espèces intertidales, la filtration des particules présentes dans l'eau a lieu au moment du flot à marée haute (Morton *et al.*, 1977; Barnabé, 1991).

Le choix du type de fonctions attribuées à chaque variable indépendante (chlorophylle 'a', matière organique particulaire et matière minérale particulaire) a été basée sur les résultats des travaux *in situ* de Hawkins *et al.* (1998 et 1999); Yukihira *et al.* (1999). Dans ce modèle d'estimation, on a supposé également que la variable dépendante (la concentration de la

chlorophylle 'a' dans la glande digestive) est une fonction linéaire des autres variables indépendantes (pluviométrie et IC). Ces tests statistiques (régressions simples et multiples) sont réalisés à l'aide du logiciel STATISTICA 4.5.

RÉSULTATS

Paramètres environnementaux

Pluviométrie

L'évolution des précipitations, entre juin 2002 et mai 2003, est indiquée sur la figure 2a. Le maximum de pluviométrie a été observé en novembre et correspond à une valeur de 331,5 mm. Les précipitations pendant notre période d'étude sont concentrées en hiver, en automne et en début de printemps où elles ne dépassant pas 120 mm.

Chlorophylle 'a'

Au cours de ce cycle annuel, la concentration en chlorophylle 'a' mesurée dans l'eau de surface montre des fluctuations non significatives à marée haute (tableau 1), elle varie entre 0,14 et 0,2 µg/l (figure 2b). Cependant, cette variation est significative à marée basse, la teneur en chlorophylle 'a' oscille entre 0,14 et 1,55 µg/l, les fortes biomasses sont relevées en juillet (1,55 µg/l), en mars (0,85 µg/l) et en avril (0,83 µg/l). Par ailleurs, la variation spatiale de la concentration en chlorophylle 'a' est statistiquement non significative (tableau 1).

Tableau 1 Résultats de l'analyse de variance (test F) des paramètres mesurés durant un cycle annuel. Les valeurs du test statistique (F) et celles de probabilité sont mentionnées· [n.s:(p>0.05); *· (p<0.05); ** (p<0.01); *** (p<0.001)].

	Paramètres	Marée haute		Marée basse	
		Stations	Mois	Stations	Mois
Eau	Chl 'a'	1,19 (N.S)	2,05 (N.S)	0,19 (N.S)	6,83 (***)
	MMP	0,16 (N S)	10,63 (***)	0,343 (N.S)	23,00 (***)
	MOP	0,20 (N.S)	6,92 (***)	0,138 (N.S)	21,38 (***)
Palourde	[Phéo] / [Chl 'a']		0,79 (N.S)	2,60 (N.S)	
	Indice de condition		0,09 (N.S)	104 (***)	

Matières minérales particulaires et matières organiques particulaires

Les teneurs en matière minérale oscillent entre 1,32 et 24,63 mg/l à marée haute et entre 6,30 et 50,20 mg/l à marée basse. Une épisode de forte charge particulaire est observée entre février et mai (figure 2c).

La variation mensuelle de la teneur de la matière organique dans l'eau suit celle de la matière minérale particulaire. Les valeurs fluctuent entre 0,13 et 11,60 mg/l à marée haute et entre 0,80 et 17,60 mg/l à marée basse (figure 2d). Par ailleurs, les teneurs de la MOP et de la MMP ne montrent pas de différences significatives entre les trois stations étudiées (tableau 1).

Paramètres biologiques

Indice de condition

La figure 3 représente l'évolution de l'indice de condition de *Ruditapes decussatus* dans les trois stations étudiées. Cet indice fluctue de manière identique d'une station à l'autre pendant toute la période de l'activité sexuelle. Il atteint son niveau maximum en juillet puis il décroît pour diminuer ensuite régulièrement jusqu'au janvier et montre à nouveau un pic en avril. On note également que les différences inter-stations entre les différents échantillons de palourdes quant à l'indice de condition ne sont pas significatives (tableau 1).

Contenu pigmentaire dans la glande digestive de la palourde

L'allure générale de la variation temporelle des teneurs de la chlorophylle 'a' mesurée dans la glande digestive est identique au niveau des trois stations S1, S2 et S3 (figure 4). Ce paramètre qui indique l'intensité de l'ingestion montre des teneurs qui oscillent respectivement entre 2,22 et 17,15 µg/g du PS, entre 1,33 et 12,37 µg/g du PS et entre 0,75 et 18,25 µg/g du PS. Les fortes teneurs en chlorophylle sont enregistrées en août, septembre, décembre, mars et avril. Les teneurs en phéopigments suivent la même évolution que celle décrite pour la chlorophylle 'a', bien qu'à des valeurs supérieures. Elles varient entre 9,13 et 66,15 µg/g du PS à la station S1, entre 9,07 et 57,6 µg/g du PS à la station S2 et entre 7,74 et 84,56 µg/g du PS à la station S3.

La figure 5 représente la variation temporelle du rapport des concentrations [Phéo] / [Chl 'a'] au niveau de chaque station. Ce rapport permet d'estimer le taux de dégradation de la chlorophylle 'a' au niveau de la glande digestive. Ce taux fluctue entre 3 et 7, entre 2 et 11 et entre 2 et 26 respectivement au niveau des stations S1, S2 et S3 dont les fluctuations spatio temporelles ne présentent pas de différences significatives (tableau 1).

Influence des paramètres environnementaux et de l'indice de condition sur la prise alimentaire

L'influence des facteurs du milieu et de l'indice de condition sur la prise alimentaire a été étudiée suite à des analyses des régressions simples et multiples. Nous avons pris comme facteurs de milieu, la chlorophylle 'a', les matières minérales particulaires (MMP) et les matières organiques particulaires (MOP). Cette approche a été appliquée à chacune des trois stations étudiées (S1, S2 et S3).

Les résultats de l'analyse (tableau 2) montrent que le pourcentage de la variabilité de la prise alimentaire de la palourde expliqué par l'ensemble des facteurs considérés est plus important au niveau des stations situées en amont de la lagune (S2 et S3), respectivement de 62% et de 68.35% tandis qu'il n'explique que 39% au niveau de la station aval S1.

Au niveau des stations S2 et S3, la matière organique particulaire et la matière minérale particulaire semblent jouer un rôle prépondérant quant à l'explication des variations temporelles de la prise alimentaire de la palourde. En effet, la charge particulaire se révèle d'effet négatif sur la prise alimentaire, la pluviométrie par contre, exerce un effet significativement positif (tableau 2).

Au niveau de la station S1, l'alimentation est influencée négativement par la matière organique particulaire (31,55%) et à moindre degré par l'indice de condition (13%).

Il est à noter que la chlorophylle 'a' dans l'eau, qui n'explique que 3 à 3,7% de la variabilité selon les stations, ne semble pas, cependant, jouer un rôle étant donné sa faible fluctuation au cours de l'année.

Tableau 2. Résultats des régressions simples et multiples de la prise alimentaire par les facteurs environnementaux et par l'indice de condition au niveau des trois stations (N.S: non significatif à $p>0,05$; (*) à $p<0.05$ et (***) à $p<0.001$) CHL: Concentration de la chlorophylle 'a' dans la glande digestive de la palourde; CHLH: Concentration de la chlorophylle 'a' à marée haute; MOPH: Concentration de la matière organique particulaire à marée haute; MMPH. Concentration de la matière minérale particulaire à marée haute; IC: Indice de condition; PLUV: Pluviométrie.

Régression	Pourcentage de la variabilité (%)			Equations de régressions		
Facteurs	S1	S2	S3	STATION S1	STATION S2	STATION S3
CHLH, MOPH, MMPH, PLUVet IC	39	62	68,35	$[Chl] = 9,12*e^{(-2,88*CHLH)} + 2,04(MOPH)^{-1,8} + 6,56(MMPH)^{-6,74} - 0,01*PLUV - 6,65*IC + 0,64$ R= 0,62	$[Chl] = 13,64*e^{(-1,60*CHLH)} + 5,35(MOPH)^{0,23} + 11,82(MMPH)^{-3,69} + 0,03*PLUV - 6,45*IC - 12,93$ R= 0,78	$[Chl]=5,03*e^{(0,7*CHLH)} + 0,35(MOPH)^{2,3} - 2,97 (MMPH)^{-0,045} + 0,007*PLUV -0,4*IC +0,91$ R= 0,81
CHLH	3,74	3,04	3,02	$[Chl] = 12,98*e^{(-14,32*CHLH)} + 5,92$ R=0,19 (N.S)	$[Chl]= 14*e^{(-12*CHLH)} + 4,87$ R=0,15 (N.S)	$[Chl] =14,04*e^{(12*CHLH)} + 4,63$ R=0.17 (N.S)
MOPH	31,35	35,12	67,08	$[Chl] =2,17(MOPH)^{-1,94} + 4,88$ R=0,56 (*)	$[Chl] = 0,093(MOPH)^{-2,34}+4,36$ R=0,6 (*)	$[Chl]=0,15(MOPH)^{-2,92}+4,51$ R=0,81 (*)
MMPH	0,47	12	73,50	$[Chl]=1,28*(MMPH)^{0,22}+4,87$ R =0,068 (N.S)	$[Chl]=6,5*(MMPH)^{-2,38} + 4,37$ R =0,34 (*)	$[Chl]=14*(MMPH)^{-6,83}+ 4.22$ R=0 85 (***)
PLUV	0.27	44	15,2	$[Chl]= 0,002*PLUV+6,69$ R=0,05 (N.S)	$[Chl]=0,027*PLUV+3,14$ R=0,66 (*)	$[Chl]=0,04*PLUV+ 3$ R=0,77 (*)
IC	12,77	1,27	5,03	$[Chl]= -35*IC+16,28$ R= 0,35 (*)	$[Chl]= -8 33*IC+7 28$ R= 0,11 (N S)	$[Chl]= -20.76*IC+11 25$ R=0.22 (N.S)

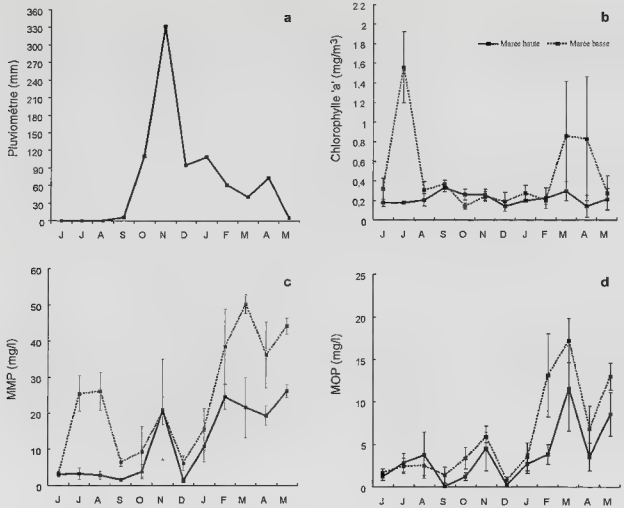


Figure 2. Variation temporelle de la pluviométrie (a), de la chlorophylle 'a' (b), de la matière minérale particulaire (MMP) (c), et de la matière organique particulaire (MOP) (d) dans l'eau au cours de la marée haute et de la marée basse. Les traits verticaux représentent les écarts types spatiaux.

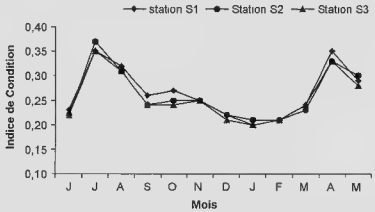


Figure 3. Variation temporelle de l'indice de condition de la palourde dans les trois stations étudiées.

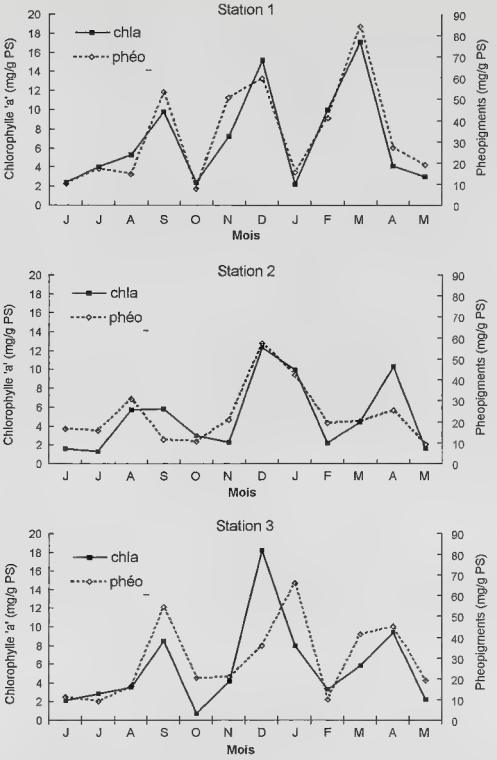


Figure 4. Variation mensuelle de la concentration de la chlorophylle 'a' et des phéopigments dans la glande digestive de palourde au niveau de chacune des stations S1, S2 et S3.

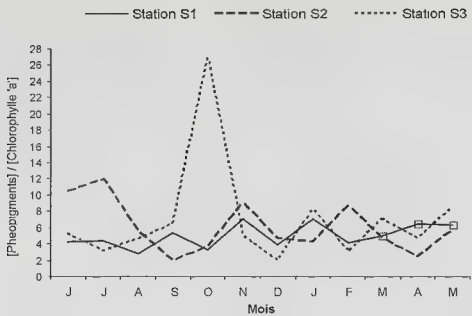


Figure 5. Variation mensuelle du rapport des concentrations [Phéopigments]/[Chlorophylle 'a'] dans la glande digestive de palourde au niveau des stations S1, S2 et S3.

DISCUSSION

La prise alimentaire chez la palourde européenne dans la lagune de Moulay Bousselham a montré des fluctuations temporelles significatives (à $p<0,001$). Les concentrations en chlorophylle 'a' et en phéopigments déterminées dans la glande digestive, pour toutes stations confondues, oscillent respectivement entre 0,76 et 18,3 µg/g du PS et 7,7 et 84,6 µg/g du PS. Ces valeurs sont très largement inférieures en comparaison avec celles mesurées au niveau de la glande digestive de la coquille Saint Jacques (*Pecten maximus*) en rade de Brest (France) (Chauvaud *et al.*, 2001). En effet, chez cette espèce, les teneurs moyennes du contenu pigmentaire dans l'ensemble estomac glande digestive présentent également des variations temporelles importantes, la biomasse en chlorophylle 'a' varie entre 31,8 et 148 µg/g du PS et celles des phéopigments entre 500 et 3500 µg/g du PS.

En comparaison avec les résultats trouvés par Robinson *et al*, (1989), les valeurs de chlorophylle 'a' déterminées chez la palourde sont relativement proches de celles relevées dans la glande digestive de *Placopecten magellanicus* Cependant, les concentrations en phéopigments sont faibles chez la palourde par rapport à celles déterminées chez *Placopecten magellanicus*. Les concentrations moyennes en chlorophylle 'a' fluctuent entre 0,1 et 2,8 µg/g du poids frais de la glande, soit 0,33-9,33µg/g du poids sec, et les concentrations moyennes en phéopigments varient entre 10 et 75 µg/g du poids frais, soit 30-250 µg/g du poids sec.

Une telle différence de concentration du contenu pigmentaire relevée chez ces trois espèces de bivalves pourrait être due à différents facteurs, entre autres, la source alimentaire disponible et la nature du microhabitat (offshore, inshore) où l'espèce exerce l'essentiel de son activité alimentaire.

Durant ces dernières années, l'analyse de la composition isotopique du carbone et de l'azote de la matière organique particulaire des écosystèmes marins et estuariens a porté un intérêt important pour identifier les sources de nourriture amirale et déterminer leur origine (Harrigan et *al.,* 1989; Deegan et *al.,* 1990, Thomas et Cahoo, 1993 in Riera et Richard, 1996; Kang et *al.,* 1999 et Kasai et *al.,* 2004). La matière organique particulaire en suspension d'origine terrestre et/ou marine, le microphytobenthos et les macroalgues sont les principales sources d'alimentation chez les bivalves, toutefois, la contribution de chacune d'entre elles au rapport nutritionnel varie d'une espèce à l'autre et en fonction de l'age.

Le microphytobenthos et la matière organique particulaire représentent les deux sources potentuelles et majeurs de nourriture assimilées par la coque, *Cerastoderma edule,* l'huître creuse *Crassostrea gigas*, *Patella* sp., *Littorina* sp. (Riera, 1998) et les moules *Mytilus edulis* (Minagawa et Wada, 1984). Toutefois, dans l'estuaire de Mya (Japon), Kasai *et al.,* 2004 ont souligné que la palourde japonaise, *Ruditapes philippinarum,* et la macre, *Mactra veneriformis*, s'alimentent préférentiellement de la matière organique d'origine marine disponible dans leur habitat. Cependant, une diminution importante de δC^{13} a été observée après une période pluvieuse, pendant laquelle la concentration du matériel terrestre s'accrue, et la palourde et la mactre changent temporairement leurs sources de nourriture.

Sur l'échelle spatiale de la lagune de Moulay Bousselham, les valeurs du contenu pigmentaire relevées dans la glande digestive des palourdes issues des trois stations d'étude ne montrent pas de différences significatives (à $p<0,05$). Ce résultat peut être expliqué par la dynamique des eaux lagunaires qui a tendance à jouer un rôle de brassage des différentes masses d'eaux, ce qui diminue le gradient aval amont. Ceci est confirmé par l'invariabilité spatiale des différents paramètres environnementaux mesurés lors de cette étude. Carruesco (1989a) a souligné que le renouvellement de la lagune de Moulay Bousselham par les eaux océaniques est de l'ordre de 98 % à chaque marée, constituant ainsi le moteur principal de la circulation intra lagunaire. En baie de Marennes Oléron (France) où un gradient du carbone de la matière organique particulaire dans l'eau est mis en évidence de l'amont vers l'aval, la composition isotopique du carbone chez l'huître creuse, *Crassostrea gigas,* varie de la même tendance le long de ce gradient, indiquant une contribution prédominante de la matière organique dérivée des détritus terrestres (Riera et Richard, 1996).

Le rapport de dégradation de la chlorophylle 'a' en phéopigments dans la glande digestive de la palourde dans la lagune de Moulay Bousselham varie entre 3 et 7, entre 2 et 11 et entre 2 et 26 respectivement au niveau des stations S1, S2 et S3, dont les fluctuations spatio-temporelles ne présentent pas de différences significatives. Ce même rapport varie entre 10 et 20 chez la coquille Saint Jacques (Chauvaud *et al.,* 2001). Ce rapport permet d'estimer le taux de dégradation, par voie acide et enzymatique, de la chlorophylle en phéopigments (Gieskes *et al.,* 1991). Ainsi, les fluctuations de la chlorophylle 'a' ne pourraient pas être discutées séparément de celles des phéopigments. Chez la palourde, quelque soit la concentration absolue de la chlorophylle 'a' digérée en phéopigments, le taux de dégradation reste constant durant toute l'année. Ceci laisse supposer que ce bivalve adopte une stratégie de régulation de digestion en réponse aux fluctuations du milieu, pour se développer favorablement dans un milieu aussi pauvre que la lagune de Moulay Bousselham, en comparaison avec d'autres sites paraliques marocains tels la lagune de Oualidia (Cheggour *et al.,* 1996) et de lagune de Nador (Guelorget *et al.,* 1992).

Les études concernant le comportement alimentaire chez les bivalves ont mis en évidence un certain nombre de facteurs externes dont l'importance apparaît primordiale dans le contrôle des processus de filtration, de sélection pré ingestive et de l'absorption post ingestive. Parmi ces facteurs, on note la composition quantitative et qualitative de la charge sestonique (Bayne, 1998; Yukihira *et al.,* 1999; Chauvaud *et al.,* 2001). La qualité de la charge sestonique est quantifiée par la concentration de la fraction organique particulaire dans l'eau et la quantité par la concentration de la matière en suspension dont la fraction minérale représente la fraction dominante (Hawkins *et al.,* 1999; Yukihira *et al.,* 1999; Méléder et *al.,* 2001).

Dans la lagune de Moulay Bousselham, contrairement à ce qui a été relevé au niveau de la station marine S1, la prise alimentaire de la palourde prélevée au niveau des stations S2 et S3, influencées par les apports continentaux, a montré une décroissance significative suite à l'augmentation de la matière organique et minérale particulaire dans l'eau (MOP) et (MMP) Cet effet négatif a été également remarqué chez *Mytilus edulis* (Hawkins *et al.,* 1997), chez *Perna viridis* (Hawkins *et al.,* 1998) et chez *Perna canaliculus* (Hawkins *et al.,* 1999). Le taux de filtration diminue chez la coque, *Cerastoderma edule* et chez l'huître creuse *Crassostrea gigas* respectivement au delà d'une concentration de 300 mg/l de MES (Navvaro et Windows, 1997), et de 100 mg/l (Delsous Paoli *et al.,* 1987; Barillé *et al.,* 1997). Chez les pectinidea, l'espèce *Placopecten magellanicus* s'alimente mieux à des concentrations sestoniques inférieures à 15mg/l (Mac Donald et Ward, 1994), et *Pinctada maxamus* pour une concentration de 3 à 15 mg/l (Yukihira *et al.,* 1999). Par ailleurs, la capacité de filtration est considérée importante chez la moule, *Perna canaliculus,* pour des concentrations de 1000 mg/l (Hawkins *et al.,* 1999). Chauvaud *et al.,* (2001) ont rapporté que l'hypothèse d'une inhibition de la prise alimentaire par l'augmentation des teneurs en matière minérale particulaire (MMP) et du rapport MMP/MOP dans le milieu ne semble pas être vérifiée chez *Pecten maxamus.*

Nos résultats soulignent également que la prise alimentaire chez la palourde prélevée au niveau des trois stations n'est pas significativement influencée par la concentration en chlorophylle 'a'. Ceci pourrait être expliqué par la faible variabilité de la biomasse chlorophyllienne qui oscille entre 0,14 et 0,2 mg/m^3 à marée haute d'une part et la possibilité d'une alimentation benthique d'autre part. En effet, Bodoy et Plante Cuny (1984) ont montré que l'accroissement de *Ruditapes decussatus* dans le golfe de Fos est assez bien corrélé avec la production primaire totale (benthique et planctonique) et surtout avec la biomasse chlorophyllienne benthique. Des observations faites sur les contenus de tractus digestifs (estomac et intestins) de palourde européenne ont révélé la présence de nombreuses diatomées et cyanophycées benthiques (Plante Cuny, 1981).

En rade de Brest où la biomasse en chlorophylle 'a' montre des fluctuations temporelles importantes, Chauvaud *et al.,* (2001) ont souligné que la prise alimentaire chez *Pecten maxamus* est importante suite à l'augmentation de la concentration de la chlorophylle 'a' dans le milieu en période printanière. Toutefois, ils ont constaté qu'en présence de telles concentrations élevées en été, la prise de nourriture est réduite. Hawkins *et al.* (1999) a constaté que le taux de filtration chez *Perna canaliculus* augmente positivement avec la concentration de la chlorophylle 'a' pour atteindre son optimum à une valeur de 1,11+0,42 µg/l au delà de laquelle l'activité de filtration chez cette espèce décroît. Chauvaud *et al.* (2001) ont souligné que le comportement nutritif chez *Pecten maxamus* dépend non seulement de la charge quantitative d'eau en chlorophylle mais également de

la morphologie et de l'état physiologique du phytoplancton. En effet, la prise de nourriture et la croissance coquillière ont été maximales lors d'un bloom à *Cerataulina pelagica* (diatomée) et minimales lors des floraisons à *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* (dinoflagellé). Ward *et al.* (1998) ont considéré que la forme des cellules phytoplanctoniques est un critère important dans la sélection chez les bivalves, tandis que Bougrier *et al.* (1997) estiment que la nature du frustule (principalement composé de silice) est également impliquée dans la sélection.

Par ailleurs, il est connu que la prise de nourriture est influencée par l'état de maturité sexuelle des animaux (Blanchard, 1991). Cependant, les résultats de l'analyse de régression simple ont révélé que la variabilité temporelle de la concentration du contenu pigmentaire chez la palourde ne dépend pas significativement de l'indice de condition. Ce constat est différent de celle relevé par Bougrier *et al.* (1995) qui a souligné que le taux de filtration chez *Crassostrea gigas* diminue en fin de gamétogenèse. Laruelle (1999) a montré que la vitellogenèse est dépendante des ressources trophiques pour sa réalisation chez la palourde européenne (*R. decussatus*) et chez la palourde japonaise (*R. philippinarum*). Lubet (1980) a considéré que chez les bivalves en général, la nutrition a un effet direct sur la vitesse et la durée des phénomènes de gamétogenèse, le jeûne arrêtant le cycle sexuel et induisant la lyse des gamètes. Hilbish et Zimmerman (1988) ont indiqué que le statut nutritionnel exerce un contrôle significatif du timing de la gamétogenèse chez la moule, *Mytilus edulis*.

CONCLUSION

L'étude du contenu stomacal de la palourde issue de la lagune de Moulay Bousselham a permis de quantifier et d'acquérir certaines connaissances au sujet du régime alimentaire chez ce bivalve. L'activité alimentaire chez cette espèce montre des fluctuations temporelles significatives, tandis que les différences inter stations entre les échantillons de palourdes échantillonnés ne sont pas significatives.

L'étude de l'éventuelle influence des facteurs abiotiques (chlorophylle 'a', matière organique particulaire, matière minérale particulaire et la pluviométrie) et biotiques (indice de condition) sur la prise de nourriture chez la palourde a dégagé que le pourcentage de variabilité de la prise alimentaire expliqué par l'ensemble des facteurs considérés est important au niveau des stations situées en amont (S2 et S3), alors qu'il n'est que de 39 % au niveau de la station aval S1. L'alimentation des individus de palourdes prélevés des stations marines S2 et S3 semble être influencée significativement par les matières organiques et minérales particulaires présentes dans l'eau.

RÉFÉRENCES

Aminot A. & Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses physico-chimiques du milieu marin, CNEXO, Brest, 395 pp.

Barillé L., Prou J., Héral M. & Bougrier S., 1993. No influence of food quality, but raüon-dependent retention efficiencies in the oyster *Crassostrea gigas Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **171**: 91-106

Barillé L., Héral M & Barillé Boyer A.L., 1997. Modélisation de l'écophysiologie de l'huître *Crassostrea gigas* dans un environnement estuarien. *Aquatic Living Resources*, **10**: 31-48.

Barnabé G., 1991 Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Lavoisier TEC & DOC. 489 pp.

Baynes B.L., Iglesias J I.P., Hawkins A.J.S., Navarro E., Heral M. & Deslous-Paoli J.M., 1993 Feeding behaviour of the mussel, *Mytilus edulis* responses to variations in both quantity and organic content of seston. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,* **73**: 813-829.

Baynes B.L., 1998. The physiology of suspension feeding by bivalve molluscs. an introduction to the Plymouth "TROPHEE" Workshop *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **219**: 1 19.

Bazairi H., Bayed A., Glémarec M. & Hily C., 2003. Spatial organisation of macrozoobenthic communities in reponse to environmental factors in a coastal lagoon of the NW African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanologica Acta*, **26**: 457-471.

Beninger P.G., Ward J E., MacDonald B.A. & Thompson R.J., 1992. Gill function and particle transport in *Placopecten magallanicus* (Mollusca. Bivalvia) as revealed using video endoscopy *Marine Biology*, 114: 281 288.

Blanchard M., 1991 Analyse fonctionnelle et méthodologique pour l'étude bioénergétique de mollusques. Rapport de l'IFREMER, Projet EUPHORBE DERO-EL/89-18, 100 pp.

Bodoy A. & Plante Cuny M.R., 1984. Relations entre l'évolution saisonnière des populations de palourdes *(Ruditapes decussatus)* et celle des microphytes benthiques et planctoniques (Golfe de Fos, France). *Haliotis*, **14**: 71-78.

Bougrier S., Geairon P., Delsous-Paoli J.M , Bacher C. & Jonquères G., 1995. Allometric relationhips and effects of temperature on clearance and oxygen consuption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, **134**: 143-154.

Bougrier S., Hawkins A.J.S. & Héral M , 1997. Preingestive selection of different microalgal mixtures in *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis*, analysed by flow cytometry. *Aquaculture*, **150**: 123-134.

Carruesco C., 1989. La lagune de Moulay Bou Salham (côte atlantique, Maroc): un environnement côuer artificiel. *Sciences Géologiques*, Strasbourg, *Mémoires*, **84**: 145-148.

Chauvaud L., Donval A., Thouzeau G., Paulet Y.-M. & Nézan E., 2001. Variations in food intake of *Pecten maximus* (L.) from the bay of Brest (France): influence of environmental factors and phytoplancton species composition. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Sciences de la Vie*, **324**: 743-755.

Cheggour M , Chafik A., Texier H., Bouhallaoui A., Gharbi N., Boumezzough A. & El Attar J., 1999. Bioaccumulation de quelques éléments métalliques chez l'huître *Crassostrea gigas* (Thrunberg) en élevage dans la lagune de Oualidia (Maroc)· rôle des facteurs écologiques et biologiques. *Haliotis*, **28**: 31-44.

Deslous-Paoli J.M , Sornin J.M. & Héral M., 1987. Variations saisonnières *in situ* de la production et de la composition des biodépôts de trois mollusques estuariens *Mytilus edulis, Crassostrea gigas, Crepidula fornicata. Haliotis*, **16**: 233-245.

Deslous-Paoli J.M , Lannou A M., Geairon P., Bougrier S., Raillard O & Héral M., 1992. Effects of the feeding behaviour of *Crassostrea gigas* (Bivalve Mollusca) on biosedimentation of natural particulate matter. *Hydrobiologia*, **231**: 85-91.

Denis L , Alliot E. & Grzebyk D , 1999. Clearance rate responses of Mediterranean mussels, *Mytilus galloprnealis*, to variations in the flow, water temperature, food quality and quantity. *Aquatic Living Resources*, **12**(4): 279-288

Gieskes W.W.C., Engelkes M.M. & Kraay G.W., 1991 Degradation of diatom chlorophyll to colourless, non-fluorescing compounds during copepod grazing. *Hydrobiological Bulletin*, **25**: 65-72.

Guelorget O. & Perthuisot J.P., 1992. Paralic ecosystems. Biological organisation and fonctionning. *Vie et Milieu*, **42**(2): 215 251.

Hawkins A.J.S., Smith R.F.M., Bayne B.L. & Héral M., 1996. Novel observations underlying the fast growth of suspension feeding shellfish in turbid environments: *Mytilus edulis*. *Marine Ecology Progress Series*, **131**: 179-190.

Hawkins A.J.S., Smith R.F.M., Bougrier S., Bayne B.L & Héral M., 1997. Manipulation of dietary conditions for maximal growth in mussels, *Mytilus edulis* L., from the Marennes Oléron Bay, France. *Aquatic Living Resources*, **10**: 13-22.

Hawkins A.J.S., Smith R.F.M., Tan S.H. & Yasin Z.B., 1998. Suspension-feeding behaviour in tropical bivalve molluscs: *Perna viridis*, *Crassostrea belcheri*, *Crassostrea tradelei*, *Saccostrea cucculata* and *Pinctada margaritifera*. *Marine Ecology Progress Series*, **166**: 173-185.

Hawkins A.J.S., James M.R., Hickman R.W., Hatton S. & Weatherhead M., 1999. Modelling of suspension-feeding and growth in the green lipped mussel *Perna canaliculus* exposed to naturel and experimental variations of seston availability in the Marlborough Sounds, New Zealand. *Marine Ecology Progress Series*, **191**: 217 232.

Hilbish T.J. & Zimmerman K.M., 1988. Genetic and nutritional control of the gametogenic cycle in *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 98: 223 228.

Kamermans P., 1994. Similarity in food source and timing of feeding in deposit and suspension-feeding bivalves. *Marine Ecology Progress Series*, **104**: 63-75.

Kang C.K., Sauriau P. G., Richard P. & Blanchard G.F., 1999. Food sources of the infaunal suspension feeding bivalve *Cerastoderma edule* in a muddy sandflat of Marennes-Oléron Bay, as determined by analyses of carbon and nitrogen stable isotopes. *Marine Ecology Progress Series*, **187**: 147-158.

Kasai A., Horie H. & Sakamoto W., 2004. Selection of food sources by *Ruditapes philippinarum* and *Mactra veneriformis* (Bivalvia: Mollusca) determined from stable isotope analysis. *Fisheries Science*, **70**: 11 20.

Laruelle F., 1999. Phénologie et déterminisme de la reproduction chez *Ruditapes decussatus* (L.) et *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve) en Bretagne. *Thèse de Doctorat d'Université, Université de Bretagne Occidentale*, 212 pp.

Loret P., 1999. Le régime alimentaire et la sélection des particules chez l'huitre perlière *Pinctada margaritifera* dans le lagon de Takapoto (Tuamotu, Polynésie française) *Thèse de Doctorat d'Université, Université de Polynésie Française*, 178 pp.

Lubet P.E., 1980. Influence des facteurs externes sur la reproduction des Lamellibranches. *Océanis*, **6**(5). 469-489.

Lucas A. & Beninger P.G., 1985. The use of physiological conditions indices in marine bivalves aquaculture. *Aquaculture*, **44**: 187-200.

MacDonald B.A. & Ward J.E., 1994. Variation in food quality and particle selectivity in the sea scallop *Plactopecten magellanicus* (Mollusca, Bivalvia). *Marine Ecology Progress Series*, **108**: 251-264.

Meleder V., Barillé-Boyer A.L., Baud J.P., Barillé L., Cognie B. & Rosa P., 2001. Modélisation de l'affinage de l'huitre *Crassostrea gigas* alimenté avec la diatomée *Skeletonema costatum*. *Aquatic Living Resources*, **14**: 49 64.

Minagawa M. & Wada E., 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between ^{15}N and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta,* **48**: 1135-1140.

Morton B.S., 1977 The tidal rhythm of feeding and digestion in the pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* **26**: 135-151.

Navarro J M. & Windows J., 1997 Feeding physiology of *Cerastoderma edule* in response to a wide range of seston concentrations. *Marine Ecology Progress Series,* **152**: 175-186.

Pastoureaud A., Héral M., Prou J , Razet D. & Russu P., 1995. Particle selection in the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) studied by pigment HPLC analysis under naturel food conditions. *Oceanologica Acta,* **19**(1): 79 88.

Plante-Cuny MR., 1981. Consommation de diatomées par deux espèces de pélécypodes filtreurs vivant dans les sables fins marins. *Cryptogamie-Algologie,* **2**(2): 147.

Pouvreau S., Bodoy A. & Buestel D., 1998. Détermination du bilan énergétique de l'huître perlière, *Pinctada margaritifera,* et premier modèle écophysiologique de croissance dans le lagon de l'atoll de Takapoto. Rapport de l'IFREMER, Tahiti. RI DRV 98-01, 69 pp.

Riera P. & Richard P., 1996. Isotopic determination of food sources of *Crassostrea gigas* along a trophic gradient in the estuarine bay of Marennes Oléron. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* **42**: 347-360.

Riera P., 1998. $\delta^{15}N$ of organic matter sources and benthic invertebrates along an estuarine gradient in Marennes-Oléron Bay (France): implications for the study of trophic structure. *Marine Ecology Progress Series,* **166**: 143-150.

Robinson W.E., Langton R.W. & Boggs C.C., 1989. Chlorophyllous pigment and lipid strores in the digestive glands of inshore and offshore populations of the deep-sea scallop *Placopecten magellanicus. Marine Ecology Progress Series,* **52**: 181-191.

Sokal R.R & Rohlf J.F., 1995. Biometry, 3rd ed., New York: W.H. Freman & co.

Urrutia M.B., Iglesias J.I.P., Navarro E. & Prou J., 1996. Feeding and absorption in *Cerastoderma edule* under environmental conditions in the bay of Marennes-Oléron (Western France). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,* **76**: 431-450.

Ward J.E., Newel R.I.E., Thompson R.J. & MacDonald B.A., 1994. In *vivo* studies of suspension-feeding processes in the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Biological Bulletin,* **186**: 221-240.

Ward J.E., Levinton J.S., Shumway S.E. & Cucci T., 1998. Particle sorting in bivalves: *in vivo* determination of the pallial organs of selection. *Marine Biology,* **131**: 283-292.

Yukihira H., Klumpp D.W. & Lucas J.S., 1999. Feeding adaptations of the pearl oysters *Pinctada margaritifera* and *P. maxima. Marine Ecology Progress Series,* **182**: 161-173.

Croissance des deux moules *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* en élevage sur filières sub-flottantes en mer ouverte dans la baie d'Agadir (Maroc)

Mohamed ID HALLA[1], Abdellatif ORBI[1] et Abdellatif MOUKRIM[2]

RÉSUMÉ

La comparaison du taux de croissance en élevage des deux moules *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* sur filières sub-flottantes en mer ouverte a été réalisée dans la baie d'Agadir (Maroc) sur deux essais successifs: de mars 2001 à avril 2002 et de juin 2002 à juin 2003. Les résultats ont montré que, chez les deux espèces, le taux de croissance en longueur est plus élevé en début d'élevage avec des valeurs de 5 à 5,8 mm/mois. A partir de 180 jours d'élevage, le taux de croissance diminue, en particulier lors du 1er cycle. Il est plus élevé chez *P. perna* par rapport à *M. galloprovincialis* dans les deux essais d'élevage et également plus élevé chez les naissains mis en élevage en juin par rapport à ceux mis en mars. La taille commerciale est atteinte au bout de 6,5 à 7,5 mois d'élevage chez *P. perna* et au bout de 7,5 à 8,5 mois chez *M. galloprovincialis*. Les variations mensuelles de la croissance en poids frais et sec sont similaires chez les deux espèces. Les chutes du poids ont eu lieu en été et en automne. Le taux de croissance en poids frais de la chair varie de 11,2 à 13,1 g/an chez *P. perna* et de 8,2 à 10,8 g/an chez *M. galloprovincialis*.

ABSTRACT

Growth of two mussels *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* in open sea suspended culture in the Agadir Bay (Morocco)

A comparison of the growth rate of the two mussels *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* in open sea suspended culture in Agadir bay (Morocco) has been achieved through two successive tests: from March 2001 to April 2002 and from June 2002 to July 2003. The results showed that, for the two species, the growth rate in length is higher in the beginning of culture with values from 5 to 5.8 mm/month. After 180 days of culture, the growth rate decreases, particularly in the first test. Besides, the growth rate of *P. perna* is higher than that of *M. galloprovincialis* in both tests. It is also more elevated for spat set in culture in June than for those set in March. The commercial size is reached after 6.5 to 7.5 months of culture for *P. perna* and after 7.5 to 8.5 months for *M. galloprovincialis*. The monthly variations of growth of flesh and dry weight are similar at the two species. The weight decreases in summer and in autumn. The growth rate in

[1] Institut National de Recherche Halieutique, Département d'Océanographie et d'Aquaculture, 2 rue de Tiznit, Casablanca 01, Maroc.

[2] Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Laboratoire Eaux et Environnement, Agadir, Maroc

flesh weight varied between 11.2 and 13.1 g/year for *P. perna* and between 8.2 and 10.8 g/year for *M. galloprovincialis*.

INTRODUCTION

La croissance chez les moules naturelles et en élevage a été longuement étudiée de part le monde. Ces études ont montré que ce taux dépend de plusieurs facteurs tels que l'âge (Hickman 1979); le développement gonadique, la photopériode et le parasitisme (Seed 1969); la concentration en oxygène dissous (Rivonker *et al.* 1993); l'abondance de la chlorophylle "a" (Rivonker *et al.* 1993; Pérez *et al.* 1995; Thorarinsdottir 1996); la vitesse du courant d'eau (Pérez *et al.* 1995); l'abondance de la nourriture (Acuna 1977; Parulekar *et al.* 1982; Rivonker *et al.* 1993) et la densité (Mallet *et al.* 1987).

Au Maroc, les seules études réalisées ont porté sur les moules naturelles *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* des côtes atlantiques marocaines (Sekkat 1984; Bitar et El Hanach 1987; Naciri 1990; Shafee 1992; Id Halla *et al.* 1997, Bouhaimi *et al* 2000) Selon ces auteurs, la croissance est principalement affectée par la température, l'abondance d'éléments nutritifs et le développement gonadique ainsi que par l'interaction entre ces facteurs. Cependant aucune étude n'a été réalisée sur ces deux moules en élevage.

Pour cette raison, et pour développer la mytiliculture à l'échelle nationale, l'Institut National de Recherche Halieutique (INRH) a lancé en janvier 2001, une étude de faisabilité zootechnique d'élevage de moules *P. perna* et *M. galloprovincialis* sur filières sub-surface en off shore dans la baie d'Agadir.

Etant la première en son genre au Maroc, cette étude vise d'une part à la détermination du potentiel aquacole (taux de croissance, production ...) des deux espèces en élevage. D'autre part, elle a aussi pour but la mise en évidence des facteurs agissant sur le taux de croissance des deux moules en élevage tels que la température, la disponibilité de la nourriture, la date de mise en élevage, etc...

MATÉRIEL ET METHODES

Site et technique d'élevage

Le site choisi pour la conduite de cette étude de faisabilité zootechnique d'élevage de moules: africaine *Perna perna* et méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* dans la région d'Agadir, est la baie de PK 25. Elle est sise à 25 Km au nord d'Agadir et loin de toute activité humaine (agricole, industrielle...). Après une étude océanographique réalisée par l'INRH, un parc d'élevage de 1 km² a été délimité au centre de cette baie (Figure 1).

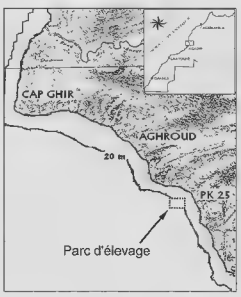


Figure 1. Localisation du site d'étude et du parc d'élevage.

La technique d'élevage adoptée pour cette étude est l'élevage sur filière sub flottante en off shore. Ainsi, quatre filières de 100 m de longueur exploitable chacune, sont installées au mois de janvier 2001 (Figure 2). Après les deux mois nécessaires à la stabilisation des filières, les jeunes moules (de 10 à 25 mm) sont récoltées sur les moulières naturelles avoisinantes et montées séparément en boudins de 3 m de longueur au mois de mars 2001. Deux filières sont alors garnies par 100 suspensions d'élevage de *P. perna* et les deux autres par 100 suspensions de *M. galloprovincialis*.

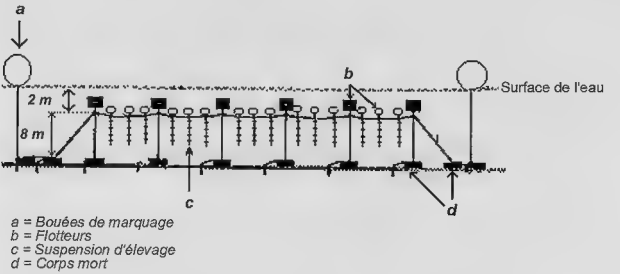


Figure 2. Illustration de la technique d'élevage utilisée (filière sub-flottante).

Par ailleurs et dans le but de confirmer les résultats obtenus lors du premier essai et aussi de mettre en évidence l'effet de la saison de mise en élevage sur les taux de croissance, un deuxième essai d'élevage a été initié au mois de juin 2002 et ce, par la mise en élevage d'autres boudins d'élevage confectionnés à partir des naissains des deux espèces de taille variant entre 10 et 20 mm récoltés au même endroit que lors du premier essai.

Échantillonnage

Des prélèvements mensuels ont été effectués entre mars 2001 et avril 2002 lors du 1er essai et entre juin 2002 et juillet 2003 lors du 2ème essai. D'une façon aléatoire, une portion de 0,5 m du boudin de chaque espèce est complètement dénudée. Au laboratoire, les animaux sont triés et nettoyés des organismes épibiontes. Pour chaque prélèvement et pour chaque espèce, les effectifs des différentes classes de taille sont déterminés (l'intervalle retenu pour la constitution des différentes classes est 2 mm). L'étude de la croissance a porté sur 100 animaux. Pour chaque individu, sont mesurés:

- les dimensions linéaires de la coquille (à l'aide d'un pied à coulisse au 1/100 mm).

- les poids vif, frais et sec de la masse molle, à l'aide d'une balance de 0.001 g de précision. Le poids sec est obtenu après dessiccation totale à 100 °C durant 24 h au minimum. Ces mesures sont utilisées pour estimer la croissance pondérale.

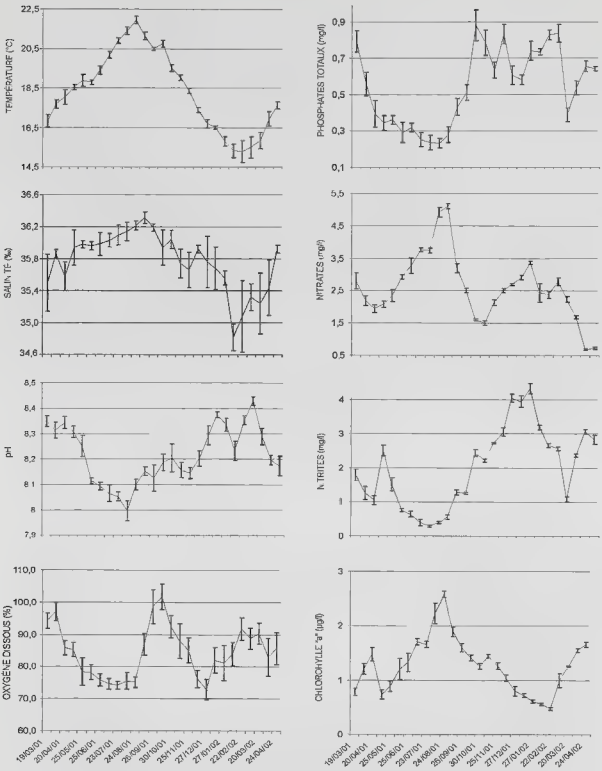


Figure 3. Variations mensuelles des paramètres environnementaux du site d'élevage.

De même, entre mars 2001 et avril 2002, des prélèvements d'eau de mer sont réalisés de façon bimensuelle à la même heure et au niveau de cinq points répartis de part et d'autre ainsi qu'au centre du parc d'élevage. La salinité, le pH, l'oxygène dissous et la température sont mesurés sur le terrain. Au laboratoire, sont mesurés les nitrates, les nitrites, les phosphates totaux et la chlorophylle "a" .

Traitement des résultats et analyses statistiques:

L'étude de la croissance des différents paramètres (pondéral et linéaire) a été réalisée par l'analyse de variance et comparaison de moyenne (L.S.D.) en utilisant le programme STATISTICA.

Les paramètres du modèle de croissance absolue de l'équation de von Bertalanffy: ($L_t = L_\infty$ [1- Exp (K (t - t_0)]) sont estimés à partir de l'analyse de la distribution des fréquences de taille en utilisant le programme FISAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools). La méthode utilisée est Elefon 1; elle est basée sur l'algorithme décrit par Pauly (1987) qui permet l'estimation de L_∞ (longueur maximale théorique), K (taux avec lequel l'animal évolue à L_∞) et t_0 (temps de recrutement à la population).

RÉSULTATS

Paramètres du milieu

Les résultats de mesure des paramètres environnementaux sont portés dans la figure 3. La température augmente durant le printemps et l'été pour atteindre le maximum de 21,9°C fin août 2001 et diminue par la suite en automne et en hiver pour atteindre un minimum de 15,3°C fin février 2002. Le pH dont le profil saisonnier est inversement proportionnel à celui de la température varie entre 8 au début d'août 2001 et 8,4 au début de mars 2002. Par ailleurs, la variation saisonnière de la salinité est semblable à celle de la température. Elle varie entre 34,8 et 36,3 ‰ avec une augmentation en été et une diminution en hiver en particulier en janvier février 2002. La saturation en oxygène varie de 72,9 à 101,7 % avec trois périodes de diminution (avril-juillet 2001, octobre-décembre 2001 et février-avril 2002) et deux périodes d'augmentation (juillet octobre 2001 et décembre 2001-février 2002). Les teneurs en sels nutritifs sont de manière générale élevées: les phosphates totaux varient entre 0,2 et 0,9 mg/l; les nitrates entre 0,7 à 5,1 mg/l et les nitrites de 0,3 à 4,3 mg/l. Le profil saisonnier de la chlorophylle "a" montre une période d'augmentation entre mai et août 2001 où elle atteint le maximum (2,6 µg/l) et une période de diminution progressive d'août 2001 à février 2002 pour atteindre la valeur minimale de 0,5 µg/l.

Croissance

Croissance linéaire

Chez les deux espèces, dans les deux essais d'élevage (mars 2001 avril 2002 et juin 2002 - juillet 2003), la croissance en longueur est continue avec un profil exponentiel (figure 4).

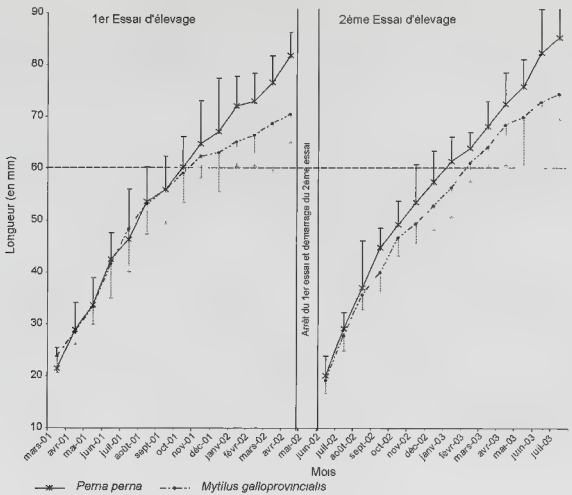


Figure 4 Croissance en longueur chez les deux espèces de moules *P. perna* et *M galloprovunctalis* en élevage sur filières sub-flottantes dans la baie d'Agadir

La vitesse de croissance est identique chez les deux espèces durant les six premiers mois d'élevage. Les taux de croissance moyens enregistrés sont de l'ordre de 5,3 et 5,8 mm/mois respectivement chez *M. galloprovincialis* et *P. perna.*

Ensuite, pour les deux essais, les valeurs enregistrées montrent un ralentissement de la vitesse de croissance chez les deux espèces. Néanmoins, les taux de croissance de *P. perna* (3,4 à 4,2 mm/mois) sont plus élevés que chez *M. galloprovunctalis* (2,1 à 3,3 mm/mois). Il à noter aussi que, chez le premier mollusque, les taux de croissance annuels en longueur sont de 55,1 et 62,3 mm respectivement au 1er et au 2ème essai d'élevage; alors que pour le second mollusque, ces taux annuels sont respectivement de 44,9 et 53,6 mm. Par conséquent, la taille commerciale autorisée (60 mm) est atteinte par *P. perna* au bout de 7,5 et 6,5 mois d'élevage respectivement au 1er et au 2ème essai; alors que *M. galloprovunctalis* atteigne cette taille au bout de 8,5 et 7,5 mois respectivement au 1er et au 2ème essai.

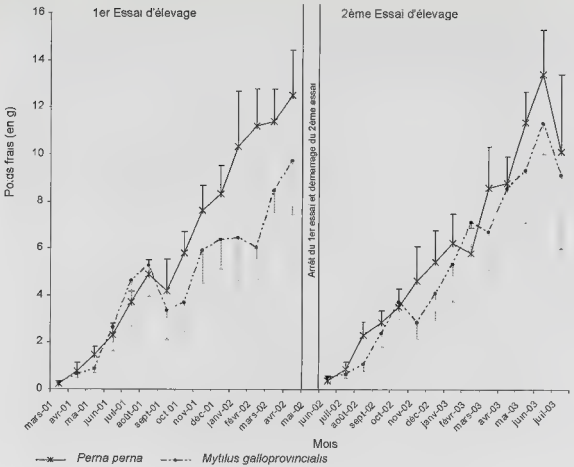


Figure 5. Croissance en poids frais de la chair chez les deux espèces de moules *P. perna* et *M galloprovincialis* en élevage sur filières sub-flottantes dans la baie d'Agadir.

Croissance pondérale

Concernant le poids frais de la chair, les résultats enregistrés sont représentés dans la figure 5. Lors du 1er essai, la croissance en poids frais est exponentielle avec une chute de poids chez *P. perna* (en août-septembre 2001) et deux périodes de chute chez *M. galloprovincialis* (août-octobre 2001 et février-mars 2002). Ainsi, au bout d'une année d'élevage le poids frais moyen passe de 0,27 + 0,1 g à 8,45 ± 1,02 g chez *M. galloprovincialis* et de 0,23 ± 0,11 g à 11,41 + 1,36 g chez *P. perna*. Ce qui correspond à un gain en poids frais plus important chez *P. perna* (11,2 g) par rapport à *M. galloprovincialis* (8,2 g).

Lors du 2eme essai d'élevage, les chutes de poids frais sont enregistrées chez *M. galloprovincialis* en octobre-novembre 2002, février-mars et juin juillet 2003. Chez *P. perna*, ces chutes de poids frais ont eu lieu en janvier-février et juin-juillet 2003. De même, le gain en poids frais est également supérieur chez *P. perna* (13,1 g) que *M. galloprovincialis* (10,8 g).

Concernant le poids sec de la chair, le profil des variations mensuelles chez les deux espèces dans les deux essais d'élevage est similaire à celui observé pour le poids frais (figure 6).

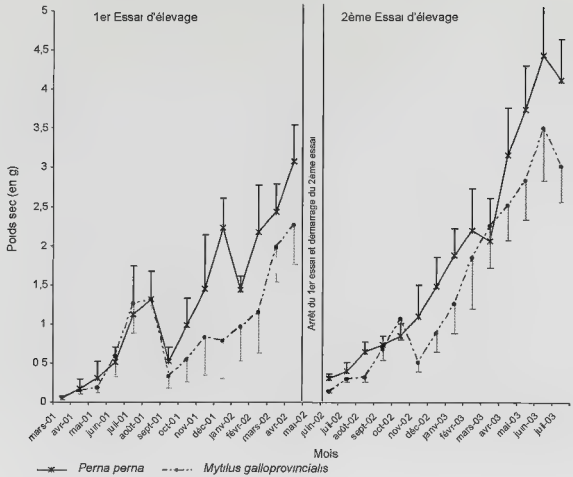


Figure 6. Croissance en poids sec de la chair chez les deux espèces de moules *P. perna* et *M. galloprovincialis* en élevage sur filières sub-flottantes dans la baie d'Agadir

Les taux de croissance annuels en poids sec de la masse molle sont également plus importants chez *P. perna* et plus importants lors du second cycle d'élevage. Les valeurs enregistrées chez *M. galloprovincialis* sont de 1,9 g et 3,4 g respectivement lors du 1er et 2ème cycle d'élevage. Chez *P. perna*, elles sont de l'ordre de 2,4 g et 4,1g respectivement lors du 1er et 2ème cycle d'élevage.

Croissance absolue

Pour *P. perna* (Figure 7). Les deux équations de von Bertalanffy sont:

$L_t = 175\ [\ 1- Exp\ (-0,65\ (t + 0,073)]$ au 1er essai d'élevage
avec $L_\infty = 175$ mm, $K = 0,65$ et $t_0 = - 0,073$

$L_t = 191\ [\ 1- Exp\ (-0,6\ (t + 0,056)]$ au 2ème essai d'élevage
avec $L_\infty = 191$ mm, $K = 0,6$ et $t_0 = - 0,056$

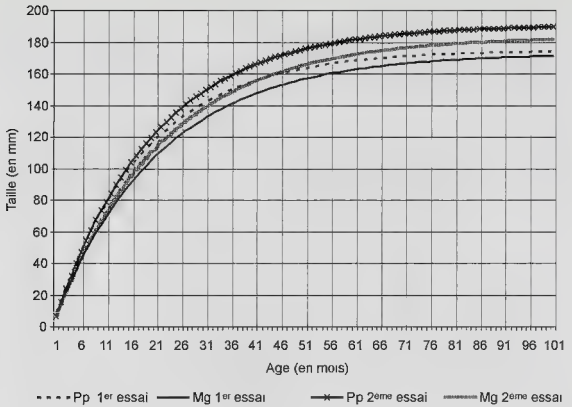


Figure 7. Profils de variation de la croissance absolue chez les deux espèces *P. perna* et *M. galloprovincialis* en fonction de l'essai d'élevage.

Lors des deux essais, le taux de croissance est très rapide en particulier dans la 1ère et la 2ème année d'élevage (respectivement 87,9 et 41,6 mm lors du 1er essai et 89,6 et 45,7 mm lors du second). Durant la 3ème et 4ème année, la croissance ralentie (respectivement 21,7 et 11,3 mm lors du 1er essai et 25,1 et 13,8 mm lors du second). La taille maximale (L_∞) est légèrement supérieur lors du 2ème essai (L_∞ = 191 mm) par rapport à celle du 1er essai (L_∞ = 175 mm). Elles sont atteintes au bout de 6 ans d'élevage dans les deux cas. De même, la taille commerciale autorisée (60 mm) est atteinte au bout de 7 mois d'élevage lors des deux essais.

Pour *M. galloprovincialis* (Figure 7). Les deux équations de von Bertalanffy sont:

$L_t = 173\ [\ 1- Exp\ (-0,56\ (t + 0,083))]$ au 1er essai d'élevage
avec $L_\infty = 173$ mm, $K = 0,56$ et $t_0 = - 0,083$

$L_t = 184\ [\ 1- Exp\ (-0,55\ (t + 0,067))]$ au 2ème essai d'élevage
avec $L_\infty = 184$ mm, $K = 0,55$ et $t_0 = - 0,067$

Le taux de croissance est également très rapide en particulier dans la 1ère et 2ème année (respectivement 78,7 et 40,4 mm lors du 1er essai et 81,7 et 43,3 mm lors du 2ème essai). Durant les deux années qui suivent, le taux de croissance absolue diminue progressivement. Il est de l'ordre de 23,1 et 13,2 mm respectivement en 3ème et 4ème année lors du 1er essai et de 24,9 et 14,4 mm au second essai).

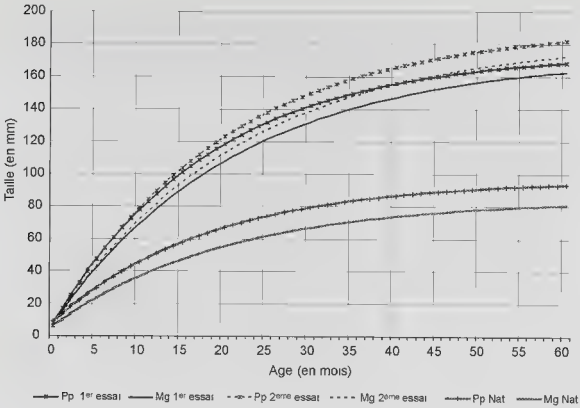


Figure 8. Profils de variation de la croissance absolue chez les deux espèces *P. perna* et *M. galloprovincialis* en élevage sur filières et en milieu naturel.

De même, La taille maximale (L_∞) de *M. galloprovincialis* lors du 1er essai (173 mm) est légèrement inférieure à celle enregistrée chez la population du 2ème essai (184 mm). Quant à la taille commerciale autorisée, elle est atteinte par les deux populations de *M. galloprovincialis* au bout de 8 mois d'élevage.

La comparaison des courbes de croissance absolue de *P. perna* et *M galloprovincialis* en élevage à celles de ces deux espèces des moulières naturelles de cette région est représentée dans la figure 8 ci dessus. Les différents paramètres de l'équation de von Bertalanffy ont été donnés par Id Halla (1997) et Bouhaimi *et al.* (2000):

$L_t = 97{,}4\ [\ 1- \mathrm{Exp}\ (-0{,}645\ (t + 0{,}152)]$ *P.p.* en milieu naturel

$L_t = 85{,}1\ [\ 1- \mathrm{Exp}\ (\ 0{,}587\ (t + 0{,}126)]$ *M.g.* en milieu naturel

Cette figure montre que d'une part, la taille commerciale (60 mm) atteinte par *P perna* et *M. galloprovincialis* respectivement au bout de 7 mois et 8 mois d'élevage, n'est atteinte qu'au bout 17 mois par *P. perna* et au bout de 24 mois par *M. galloprovincialis* des moulières naturelles; d'autre part, les tailles maximales (L_∞) de ces deux espèces en élevage sont 2 fois supérieures a ceux obtenus au niveau des moulières naturelles.

DISCUSSION

Paramètres du milieu

L'étude des paramètres physico chimiques a montré que les profils de variation de la température et de la salinité sont identiques, le minimum enregistré en hiver (15,3°C et 34,8‰) et le maximum en été (21,9°C et 36,3‰). Ces variations saisonnières sont à corréler aux variations des conditions météorologiques et aux effets des différents courants qui caractérisent la zone d'étude à savoir: le courant des Canaries (Allain 1970) et l'upwelling (Agoumi et Orbi, 1992). Le pH varie entre 8 en août 2001 et 8,4 en mars 2002. Le même résultat est rapporté par Bentley et Miramand (1988) et par Id Halla (1997). L'élévation du pH est due à la floraison planctonique printanière certainement responsable de la diminution d'acidité. La saturation en oxygène varie de 72,9 à 101,7%. Les faibles valeurs enregistrées peuvent être liées à l'inhibition de la photosynthèse par l'excès de rayonnement (en été) ou par l'écran de matière en suspension apportées par les eaux pluviales (automne hiver) ou encore à la teneur des eaux en sels nutritifs qui selon Guerimej (1983) elles sont négativement corrélées à la teneur en oxygène à Témara (Maroc). Les teneurs en sels nutritifs sont généralement élevée: les phosphates totaux varient entre 0,2 et 0,9 mg/l; les nitrates entre 0,67 à 5,11 mg/l et les nitrites de 0,29 à 4,33 mg/l. Ces concentrations élevées sont dues aux upwelling qui caractérisent les côtes atlantiques marocaines (Agoumi et Orbi 1992). La chlorophylle "a" varie entre 2,58 µg/l en août 2001 où et 0,47 µg/l en 2002. La période d'augmentation correspond à la phase des blooms phytoplanctoniques. Toutefois, les teneurs enregistrées sont plus importantes que celles rapportées par Raissouni et El Yazal (1991); par Guerimej (1983) et par Kechacha *et al.* (1992). Ceci peut être expliqué par l'importance des apports en nutriments par l'upwelling au niveau de ce site.

Croissance

Les résultats obtenus montrent que, dans les deux essais d'élevage, le taux de croissance des deux moules est plus élevé durant les premiers mois d'élevage. A partir de 180 jours d'élevage, ce taux de croissance diminue.

La vitesse de croissance élevée au début d'élevage peut être attribuée à l'âge et/ou la taille des moules. En effet, les organismes présentent une tendance naturelle d'avoir un taux de croissance rapide pendant les phases initiale du développement (Marques *et al.* 1998). De même, selon Fuentes *et al.* (1998) et Marques *et al.* (1998), le taux de croissance des moules est élevé avant d'atteindre 60 mm en longueur. Par la suite, le taux de croissance diminue. En outre, Sukhotin et Kulakowski (1992) rapportent que le taux maximal de croissance est de 0,2 à 0,26 mm/jour chez les jeunes moules en fin juillet-début août quand la température est de 17 à 19°C tandis que les moules âgées présentent des taux de croissance de 0,04 à 0,08 mm/jour dans la même période.

Le taux de croissance élevé au début d'élevage peut être également attribué aux conditions environnementales favorables à l'augmentation de la croissance à savoir la température et l'abondance de la nourriture. En effet, les six premiers mois d'élevage coïncident avec le printemps et l'été (mars-septembre 2001) lors du 1er cycle et avec l'été et l'automne (juin décembre 2002) lors du 2ème cycle. Au niveau du site d'élevage la période s'étalant du printemps à l'automne correspond à des températures de 16,8 à 21,9 °C et des blooms phytoplanctoniques

(chlorophylle "a" varie de 0,8 et 2,6 µg/l). Selon Agoumi et Orbi (1992), au niveau de cette région, l'installation des upwelling (apport de sels nutritifs et augmentation de la production primaire) débute vers le mois de mars pour atteindre le niveau maximal aux mois de juillet et août. Cette corrélation entre le taux de croissance avec la température et l'abondance de la nourriture est également rapportée par Acuna (1977). Selon cet auteur, à Venezuela, les périodes de croissance rapide de *P. perna* coïncident avec les périodes de forte température et les premières productivités. Marques *et al.* (1998) rapportent que la température moyenne de 23,6°C et la salinité de 33,4‰ sont des données compatibles pour le développement optimal de *P. perna*.

Le taux de croissance enregistré chez les deux espèces *P. perna* et *M. galloprovincialis* en élevage dans le cadre de cette étude (5 à 6 mm/mois) est, semblable à celui enregistré par Fuentes *et al.* (1998) chez *M. galloprovincialis* en élevage à Ria de Arousa en Espagne (3,1 à 5,8 mm/mois), supérieur à celui rapporté par Maximovich et Lysenko (1986) chez *M. edulis* en mer Blanche (5 à 10 mm/an) et inférieur à celui observé par Pérez *et al.* (1995) chez *M. galloprovincialis* de Galice (6,3 à 11,1 mm/mois) et par Rajagopal *et al.* (1998) chez *P. viridis* en Inde (10 mm/mois). Cette différence du taux de croissance par rapport aux autres régions peut être expliquée par les caractéristiques naturelles du site d'élevage. En effet, selon Pérez *et al.* (1995) le taux de croissance dépend du site d'élevage. Dickie *et al.* (1984) et Mallet et Carver (1989) rapportent que le site est le facteur qui affecte la croissance chez les moules canadiennes. Seed (1976) et Shafee (1992), signalent que le taux de croissance varie en fonction de la latitude. Ces variations latitudinales peuvent être attribuées à la variation de la température. En effet, Gosling (1992), signale que la croissance des moules varie avec la température. Almada Villela *et al.* (1982) montrent qu'entre 3° et 20° C, la croissance linéaire augmente d'une manière logarithmique.

Cette étude a montré également que le taux de croissance et la taille atteinte au bout d'une année d'élevage sont plus importants chez *P. perna* par rapport à *M. galloprovincialis* dans les deux cycles d'élevage. Ceci peut être attribué aux différences génétiques entre ces deux espèces. Winddous *et al.* (1984) sur une étude de *M. edulis* en Grande Bretagne concluent que les différences physiologiques entre les populations expliquent les différences de croissance.

Aussi, les résultats ont montré que, chez les deux espèces, le taux de croissance annuel et la taille atteinte sont plus élevés lors du 2ème cycle par rapport au 1er cycle d'élevage. Selon Rajagopal *et al.* (1998), le temps initial de mise en élevage influe sur le taux de croissance: les moules (*P. viridis*) mis en élevage en avril présentent un taux de croissance plus important que celles misent en septembre. Ces auteurs rapportent que ceci est en relation avec les conditions favorables du milieu tels que la température, la disponibilité de la nourriture et la stabilité de la salinité en été (premier mois d'élevage). La différence entre les taux de croissance enregistré entre le 1er et 2ème cycle d'élevage peut être expliquée par l'âge des naissains. En effet, malgré que dans les deux essais, la taille des naissains au début d'élevage est identique, ils n'ont pas le même l'âge. Selon Id Halla *et al.* (1997), Bouhaimi *et al.* (2000), les naissains de 15 à 20 mm de longueur mise en élevage au mois de mars 2001 sont âgés de 6 mois (proviennent de la ponte partielle d'octobre-novembre 2001) et ceux (de même taille) mis en élevage au mois de juin 2003 sont âgés de 2 à 3 mois (proviennent de la ponte principale de mars-avril 2003). Cet effet de l'âge sur le taux de croissance des mollusques est connu. Sukhotin et Maximovich (1994), rapportent que l'âge explique 30% de la variation observée en terme de croissance, quant à l'origine des naissains elle explique 27% des différences; alors que l'habitat (site d'élevage) explique 40% de la différence.

Lors du 1er élevage, la taille commerciale autorisée (60 mm) est atteinte par *P. perna* au bout de 7,5 mois d'élevage et par *M. galloprovincialis* au bout de 8,5 mois. Cette taille est atteinte au 2ème essai au bout de 6,5 et 7,5 mois respectivement par *P. perna* et *M. galloprouncialis*. Il y a donc un gain d'un mois d'élevage en fonction de la date de mise en élevage. Ce résultat concorde avec celui rapporté par Marques *et al.* (1998) Selon ces auteurs, la taille commerciale (50 mm) est atteinte par *P. perna* au Brésil au bout de 6 mois par les moules mis en élevage au printemps, à 7 mois par les moules installées en automne et au bout de 8 mois par les moules introduites en hiver et en été. Par ailleurs, il est à noter que le temps nécessaire pour atteindre la taille commerciale dépend de la zone géographique et de la méthode d'élevage: dans la région tropicale *P. viridis* nécessite 6 mois (Parulekar *et al* 1982; Vakily 1989; Lee 1986 et Rajagopal *et al* 1998) alors que dans les régions tempérées *M. edulis* nécessite 12 à 24 mois (Hickman 1992; Mason et Drinkwater 1981) tandis qu'au Canada, il faut 36 mois (Thompson 1988) et en mer Blanche, la taille commerciale est atteinte au bout de 48 mois d'élevage (Sukhotin et Kulakowski 1992).

En outre, il est à noter que le taux de croissance enregistré chez les deux espèce *P. perna* et *M. galloprovncaalis* en élevage dans la région d'Agadir est largement supérieur à celui rapporté par Id Halla (1997) et Bouhaimi *et al.* (2000) chez ces deux espèces dans les moulières naturelles de cette région. Le même résultat a été observé par Pérez *et al.* (1995). Ceci peut être expliqué par l'abondance de la nourriture (elle est plus importante chez les moules en élevage). Selon Buschbaum et Saier (2001), la disponibilité de la nourriture est contrôlée par le temps d'immersion: une émersion de 2h/j entraîne une diminution de la nourriture de 10 % et diminution de la croissance de 70 %. De même, Sukhotin et Kulakowski (1992) et Sukhotin et Maximovich (1994) rapportent que l'effet de la nourriture sur le taux de croissance est indirectement lié à la durée de l'exposition et l'intensité de renouvellement de l'eau. Par conséquent, le taux de croissance des moules fixées sur les roches (benthique) est 2 à 5 fois inférieur à celui des moules en élevage en suspension. Rodhouse *et al.* (1984) rapporte que *M. edulis* en élevage croît 4 fois plus que celle de la zone intertidale. La réduction du taux de croissance chez les moules des bancs naturels peut être également expliquée par le stress lié aux vagues et/ou par les dépense énergétique plus importante pour l'édification d'une coquille plus robuste nécessaire pour supporter l'action des vagues au niveau de la zone intertidale.

Le profil des variations mensuelles des poids frais et sec est similaire chez les deux espèces et varie en fonction du cycle d'élevage. Les chutes du poids sont dues aux pontes principales et partielles enregistrées chez les deux espèces en été et en automne par Id halla *et al.* (1997) et Bouhaimi *et al.* (2000). En effet, selon Sukhotin et Kulakowski (1992) la croissance en poids des moules *M. edulis* élevées en mer Blanche est liée aux phénomènes de reproduction (gamétogenèse et ponte). De même, Rajagopal *et al.* (1998), rapportent que la chute du poids en mai (d'environ 20%) et en septembre est le résultat de la ponte.

CONCLUSION

L'ensemble des résultats de cette étude relative à la croissance des deux moules *Perna perna* et *Mytilus galloprovincaalis* en élevage sur filières sub-surface en mer ouverte dans la baie d'Agadir on peut conclure que:

- Le site choisi (baie de PK 25) est potentiel pour le développement de la mytiliculture vu ses caractéristiques naturelles favorables à la mise en place d'une telle activité en particulier l'abondance de nourriture et une température optimale au cours de l'année;

- Les deux moules montrent une bonne croissance en poids et en longueur avec une taille commerciale atteinte au bout de 6 à 7 mois d'élevage chez *P. perna* et au bout de 7 à 8 mois chez *M. galloprovincialis*;

- Le mois de juin semble être plus approprié pour la mise en élevage des naissains et ce afin d'éviter les saisons de reproduction (été et automne) qui entraînent une perte de poids et un ralentissement de la croissance.

REMERCIEMENTS

Nos remercements s'adressent au Professeur Michel Mathieu et au laboratoire de Biologie et Biotechnologie Marine de l'Université de Caen en France.

BIBLIOGRAPHIE

Acuna C.A., 1977. Crecimiento y índice de engorda del mejillón *Perna perna* (L.) cultivado en el Golfo de Cariaco, Venezuela. FAO Fisheries Report 200: 1-9.

Agoumi A. & Orbi A., 1992 Evolution météorologique et upwelling le long de la côte atlantique marocaine. *Hydroécologie Appliquée*, **2**(4): 149-158.

Allain, C., 1970. Les conditions hydrobiologiques sur la bordure atlantique de l'Afrique du Nord-Ouest. *Rapports et Procès-verbaux, Commission Internationale pour l'Exploration de la Mer Méditerranée*, **15**(9): 25-29.

Almada-Villela P.C., Davenport J. & Gruffydd L.L.D., 1982. The effects of temperature on the shell growth of young *Mytilus edulis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **59**: 275 288.

Bentley D. & Miramand P., 1988. Paramètres physicochimiques et métaux traces dans quatre stations du Nord-Cotentin. *Journal de Recherche Océanographique*, **13**(1-2): 59-65.

Bitar G. & Hannach A. 1987. Morphométrie et relations pondérales d'une moulière (*M. galloprovincialis* et *P. perna*) dans la région de Sidi R'bat (Maroc atlantique). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, **11**: 141 146.

Bouhamri A., Id Halla M., Kaaya A., Mathieu M. & Moukrim A., 2000 Croissance et dynamique de populations de deux espèces de moules *Mytilus galloprovincialis* et *Perna perna* dans la région d'Agadir (sud du Maroc). *Haliotis*, **27**: 23-31.

Buschbaum C. & Saier B., 2001. Growth of mussel *Mytilus edulis* L. in the Wadden Sea affected by tidal emergence and barnacle epibionts. *Journal of Sea Research*, **45**: 27-36.

Dickie L.M., K.R Bourdreau, 1984. Influences of stock and site on growth rate and mortality of mussels (*Mytilus edulis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **41**: 134-140.

Fuentes J., Molares J. & Villalba A., 1998 Growth, mortality and parasitization of mussels cultivated in the Ria de Arousa (NW Spain) from tow sources of seed: intertidal rocky shore vs collector ropes *Aquaculture*, **162**: 231-240.

Guerimej M., 1983. Etude des paramètres écologiques des eaux côtières de Temara. Mémoire de fin d'études, Rabat, 27 pp.

Gosling E., 1992. *The mussel* Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture.* Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 25. Elsevier, Amsterdam, 565 pp.

Hickman R.W., 1979. Allometry and growth of the green-lipped mussel *Perna canaliculus* in New Zealand. *Marine Biology*, **51**(4): 311-328.

Hickman R.W., 1992. Mussel cultivation. In: *The Mussel* Mytilus*: Ecology, Physiology, Genetics and Culture.* Gosling, E. (Ed.),. Elsevier, Amsterdam, pp: 465-311.

Id Halla M., 1997. Etude du cycle de la biologie des moules *Perna perna* (Linné, 1758) et *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) dans la Baie d'Agadir. *Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Université Ibn Zohr, Agadir.* 180 p.

Id Halla M., Bouhaimi A., Narbonne J.F., Mathieu M. & Moukrim A., 1997. Etude du cycle de reproduction de deux espèces de moules *Perna perna* (Linné, 1758) et *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) dans la Baie d'Agadir (Sud du Maroc). *Haliotis*, **26**: 31-54.

Kechacha S., Hallaa F.L. & Hzlis L., 1992. Caractéristiques phytoplanctoniques de deux stations côtières de l'Est algérois. *Hydroécologie Appliquée*, **2**(4): 123-138.

Lee S.Y., 1986. Growth and reproduction of the green mussel *Perna viridis* (L.) (Bivalvia: Mytilacea) in contrasting environments in Hong Kong. *Asian Marine Biology*, **3**: 111-127.

Mallet A.L., Carver C.E.A., Coffen S.S. & Freman S.S., 1987. Winter growth of the blue mussel *Mytilus edulis* L.: importance of stock and site. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **108**: 217-228.

Mallet A.L. & Carver C.E.A., 1989. Growth, mortality and secondary production in natural populations of the blue mussel, *Mytilus edulis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **44**: 1589-1594.

Marques H.L. de A., Pereira R.T.L. & Correa B.C., 1998. Seasonal variation in growth and yield of the brown mussel, *Perna perna* (L.) cultured in Ubatuba, Brazil. *Aquaculture*, **168**: 263-273

Mason J. & Drinkwater J., 1981. Experiments on suspended cultivation of mussels in Scotland. *Scottish Fisheries Information Pamphlet*, **4**. *DAFS* (Department of agriculture and fisheries) for Scotland, Aberdeen, 15 pp.

Maximovich N.V. & Lysenko V.N., 1986. Growth and production of bivalve mollusc *Macoma incongrua* in sea-grass community in Vityas Bay of the sea of Japan. *Biologia Morya*, **1**: 25-30.

Naciri M., 1990. Etude bio-écologique et démographique d'une population de *Mytilus galloprovincialis* Lmk sur la côte atlantique marocaine (Témara). *Thèse de 3ème cycle, Université Mohamed V. Faculté des Sciences de Rabat.* 112 pp.

Parulekar A.H., Dalal S.G., Ansari Z.A. & Harkantra S.N., 1982. Environmental physiology of raft-grown mussel on Goa, India. *Aquaculture*, **29**: 83-93.

Pérez C.A., Labarta U. & Bieras R., 1995. Growth of mussels (*Mytilus edulis galloprovincialis*) on cultivation rafts: Influence of seed source, cultivation site and phytoplankton availability. *Aquaculture*, **138**: 349-361.

Raissouni B. & El Yazal N., 1991. Etude spatio-temporelle des éléments nutritifs (phosphates, nitrites, nitrates et ammonium) dans les eaux marines le long de la côte nord méditerranéenne marocaine. *Symposium International sur la Pollution des Eaux Marines.* Casablanca, Maroc.

Rajagopal S., Venugopalan V.P., Nair K.V.K., van der Velde G., Jenner H.A. & den Hartog C., 1998. Reproduction, growth rate and culture potential of the green mussel, *Perna viridis* (L.) in Edaiyur backwaters, east coast on India. *Aquaculture*, **162**: 187-202

Rivonker C.U., Ansari Z.A. & Parulkar A.H., 1993. Cultivation of green mussel. *Perna viridis* L., on a floating raft in an estuary along the west coast of India. *Aquaculture*, **112**(1): 47-56.

Rodhouse P.G., Roden C.M., Burnell G.M., Hensey M.P., McMahon T., Ottway B. & Ryan T.H., 1984. Food resource, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture: Killary harbour, *Ireland. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **64**: 513-529.

Seed R., 1969. The ecology of *Mytilus edulis* (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores: II. Growth and mortality. *Oecologia*, **3**: 317-350.

Seed R., 1976. Ecology. In: *Marine Mussels: their Ecology and Physiology*, International Biological Programme vol. 10 (B.L. Bayne, ed.): 13-65. Cambridge University Press, Cambridge.

Sekkat R.S., 1984. Etude de la biomasse, la structure et la croissance relative de deux populations de moules *Mytilus galloprovincialis* Lmk. et *Perna perna* L. dans la région de Rabat. *Mémoire de fin d'études, I.A.V. Hassan II*, 62 pp.

Shafee M.S., 1992. Production estimate of a mussel population *Perna picta* (Born) on the Atlantic coast of Morocco. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **163**: 183-197.

Sukhotin A.A. & Kulakowski E.E., 1992. Growth and population dynamics in the mussels (*Mytilus edulis* L.) cultured in the With Sea. *Aquaculture*, **101**: 59-73.

Sukhotin A.A. & Maximovich N.V., 1994. Variability of growth rate in *Mytilus edulis* L. from the Chupa Intelt (the White Sea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **176**: 15-26.

Thompson J.K. & Nickols F.J., 1988. Food aviability controls seasonal cycle of growth in *Macoma balthica* (L.) in San Francisco Bay, California. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **119**: 43-61.

Thorarinsdottir G.C., 1996. Gonadal development, larval settlement and growth of *Mytilus edulis* L. in a suspended population in Hvalfjoerdur, South-west Iceland. *Aquaculture Research* **27** (1), 57-65.

Vakily J.M., 1989. The biology and culture of mussels of the genus *Perna*. International Center for Living Aquatic Ressource Management, Manila, Philippines, Study Review **17**: 1-63.

BIBL. DU MUSÉUM PARIS

Normes diverses

Les noms de taxa devront être cités et utilisés conformément au Code International de Nomenclature Zoologique (édition de 2000). Les noms génériques ou spécifiques seront écrits en *italique*, les noms de familles ou de divisions d'un rang plus élevé, en caractères normaux. Un nom spécifique, générique ou familial apparaissant pour le première fois dans le texte devra être accompagné de son auteur et date de publication. Auteur et date d'un taxon seront toutefois omis dans le titre de l'article. On évitera les tournures de phrases donnant lieu à confusion entre une référence bibliographique et l'auteur et date d'un taxon.

La bibliographie comprendra toutes les références citées dans le texte, et uniquement celles-ci. Toutefois, les références citées uniquement en tant qu'auteur et date d'un taxon ne sont pas obligatoirement incluses dans la bibliographie. Les titres des périodiques doivent apparaître *in extenso*. Les références seront citées selon un des modèles suivants:

Bourguignat J.R., 1857. Aménités malacologiques. *Revue et Magazin de Zoologie* (2)**9**: 3-31, pl. 1-4.

Swofford D.L. & Olsen G.J., 1990. Phylogeny reconstruction. *In:* Molecular systematics. (D.M. Hillis & C. Morris, eds.): 411-501. Sinauer Associates, Sunderland, Massachussets.

Dans le texte, on citera les références sous la forme "... selon Hall (1986)... ", "(Hall et Smith, 1986)", (Richardson *et al.*, 1985)...". Pour plusieurs articles d'un même auteur et d'une même date, on utilisera la forme "1985a, 1985b..."

Les tirés-à-part devront être commandés au moment des épreuves. Pour chaque article, 25 tirés-à-part gratuits seront envoyés aux auteurs. Des tirés-à-part supplémentaires, payants, pourront être commandés au même moment.

Comité de rédaction

Patrick ARNAUD	Station Marine d'Endoume, Rue de la Batterie des Lions, F-13007 Marseille
Alan BEBBINGTON	3 Crawley Lane, Uley, Nr Dursley, Glos GL11 5 BJ, Grande-Bretagne
Alain BODOY	IFREMER, Rue de l'Ile d'Yeu,B.P. 1049 - F-44037 Nantes cedex 01
Serge GOFAS	Departamento de Biología Animal, Facultad de Ciencias Universidad de Málaga, E-29071 Málaga, Espagne
Marcel LE PENNEC	Institut Universitaire Européen de la Mer, F-29280 Plouzané
Mathieu POULICEK	Laboratoire d'Ecologie marine, Institut de Zoologie, Université de Liège, 22 Quai van Beneden, B - 4020 Liège, BELGIQUE
Jean TARDY	51, rue Emile Racaud, F-17000 La Rochelle
Nardo VICENTE	C.E.R.A.M., Faculté des Sciences et Techniques, de Saint Jérôme, F-13397 Marseille cedex 13

Directeur de la publication: Marcel LE PENNEC, Président de la S.F.M.
Éditeur de ce volume: Serge GOFAS

Société Française de Malacologie - siège : 55, rue Buffon, F-75005 Paris ISSN: 0397.765 X
Imprimé en Espagne par Imagraf, Málaga - Achevé d'imprimer le

Sommaire

N. El Moussaoui, A. Berraho, A. Orbi & H. Labbardi
Cartographie du stock naturel et biologie de la palourde *Ruditapes decussatus* (L., 1758) dans la lagune de Moulay Bousselham (Maroc) 1

H. Labbardi, O. Ettahiri, A. Berraho, S. Lazar, N. El Moussaoui & S. El Antri
Influence des facteurs environnementaux sur la reproduction de la palourde européenne *Ruditapes decussatus* (L., 1758) (Mollusca Bivalvia) dans une lagune côtiere du nord-ouest africain: Moulay Bousselham, Maroc 19

H. Labbardi, A. Donval, O. Ettahiri, S. Lazar, A. Berraho, A. Hmyene & S. El Antri
Étude de l'activité alimentaire chez la palourde européenne *Ruditapes decussatus* (Linné, 1758) (Mollusca, Bivalvia) dans une lagune côtière du nord-ouest africain: Moulay Bousselham, Maroc 33

M. Id Halla, A. Orbi & A. Moukrim
Croissance des deux moules *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* en élevage sur filières sub-flottantes en mer ouverte dans la baie d'Agadir (Maroc) 49